

Л.И. Петрова, кандидат сельскохозяйственных наук
 Ю.И. Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук
 Н.К. Первушина
 В.Н. Лапушкина

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель
 РФ, 170530, Тверская обл., Калининский р-н, п. Эммаус, 27
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 635.2:631.8:631.6

DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/17-20

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В статье представлены результаты исследований 2011–2019 годов по изучению влияния различных норм удобрений, погодных условий на урожайность и качество продукции картофеля, водный режим почвы, фотосинтетическую деятельность, оплату 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая в условиях Тверской области. Опыт заложен на дерново-подзолистой легко-суглинистой осушаемой закрытым дренажом почве. Картофель выращивали в 3-х вариантах: без удобрений, со средними и высокими нормами внесения. Погодные условия в годы исследований по Г.Т. Селянину разделены на группы: избыточно влажные, влажные и засушливые. Влажность пахотного слоя почвы под посадками картофеля соответственно градициям этих лет в среднем за вегетацию составляла 73, 60, 39 % НВ. Более благоприятное состояние водно-воздушного режима почвы при возделывании картофеля по грядовой технологии в течение вегетации сложилось в избыточно влажные годы, во влажные растения испытывали недостаток влаги в отдельные фазы, особенно в период от клубнеобразования до созревания, в засушливые годы в течение всей вегетации. В среднем по вариантам опыта выше урожай картофеля сформировался в избыточно влажные годы по сравнению с влажными на 21, с засушливыми – на 68 %. Применение удобрений оказало положительное действие на формирование урожая картофеля и зависело от погодных условий. Большой эффект от применения удобрений отмечен в избыточно влажные годы, при средних нормах урожай повысился на 32,2, высоких – на 41,5 т/га, во влажные – соответственно, на 10,3 и 14,9, засушливые – на 11,0 и 16,8 т/га. Доля участия погодных условий в вариативности урожая составила 23, удобрений – 61 %. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем картофеля установлена от внесения средних норм, в среднем за 9 лет – 63, в избыточно влажные годы – 133 кг.

Ключевые слова: картофель, нормы удобрений, погодные условия, урожайность, качество продукции, окупаемость удобрений, осушаемые земли.

L.I. Petrova, *PhD in Agricultural sciences*
 Yu.I. Mitrofanov, *PhD in Agricultural sciences*
 N.K. Pervushina
 V.N. Lapushkina

All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands
 RF, 170530, Tverskaya obl., Kalininskij r-n, p. Emmaus, 27
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

FERTILIZES EFFECTIVENESS DEPENDING ON WEATHER CONDITION UNDER POTATOES CULTIVATION ON DRAINED LANDS

The article presents the results of studies in 2011–2019 to study the effect of various fertilizer norms, weather conditions on the yield and quality of potato products, soil water regime, photosynthetic activity, payment of 1 kg a.v. fertilizers with a crop increase in the conditions of the Tver region. The experiment is based on sod-podzolic light loamy drained soil with closed drainage. Potatoes were grown in 3 variants: without fertilizers, average norms and high norms. Weather conditions during the years of research (according to G.T. Selyaninov) are divided into groups: excessively humid, moist and arid. The moisture content of the arable layer of the soil under planting of potatoes, according to the gradations of these years, the average vegetation period was 73, 60, 39 % of the lowest moisture capacity. A more favorable state of the water-air regime of the soil during the cultivation of potatoes according to the ridge technology during the growing season was formed in excessively wet years, in the wet years the plants experienced a lack of moisture in certain phases, especially during the period from tuberization to ripening. In dry years, plants experienced a large lack of moisture throughout the growing season. On average, according to the experimental variants, a higher potato crop was formed in excessively wet years compared to wet years by 21 %, and with dry ones by 68 %. The use of fertilizers had a positive effect on the formation of potato crops and depended on weather conditions. A greater effect from the use of fertilizers was noted in excessively wet years, with average rates the yield increased by 32.2 t/ha, at high – by 41.5, in wet – by 10.3 and 14.9, respectively, in dry – by 11.0 and 16.8. The share of weather conditions in crop variability was 23 %, fertilizers – 61 %.

Key words: potato, fertilizer norms, weather conditions, productivity, product quality, fertilizer payback, drained land.

Увеличение урожайности картофеля остается важной задачей земледелия. Применение удобрений – основное для этого средство при своевременном и качественном выполнении других агротехнических агроприемов. Особенно это важно для

дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России, отличающихся невысоким естественным плодородием [2, 3, 6, 7, 10], особенно в картофелеводстве, где используют энергоемкие технологии с высоким выносом питательных веществ. Однако

ограниченные ресурсы удобрений и их высокая стоимость обуславливают необходимость исследований по установлению экономически и экологически целесообразных доз их внесения. Эффективность удобрений во многом зависит от климатических условий и в первую очередь от влагообеспеченности почвы. [1, 5, 8, 9]

Цель работы – выявить эффективность применения различных норм удобрений при возделывании картофеля на осушаемых землях. В задачи исследований входило изучение влияния различных норм удобрений, погодных условий на формирование урожая и качество продукции картофеля, водный режим почвы, фотосинтетическую деятельность, оплату 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2011–2019 годах в ФГБНУ ВНИИМЗ был заложен опыт на осушаемом, закрытом гончарным дренажом, экспериментальном участке (междреннее расстояние 20 м, глубина заложения дрен 0,9...1,2 м). Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, среднекислая, с содержанием гумуса 2,23 %, высокой обеспеченностью подвижным фосфором и повышенной обменным калием.

Картофель выращивали в трех вариантах: 1 – без удобрений, 2 – средние нормы – компост многоцелевого назначения (КМН) 15 т/га + K_{90} , 3 – высокие – K_{MN} 15 т/га + $N_{70}K_{180}$. В опыте использовали районированные в Тверской области сорта картофеля, посадка – 40 тыс. клуб./га. Возделывали культуру по рекомендованной ВНИИМЗ грядовой технологии в плодосменном четырехпольном севообороте, развернутом в пространстве и во времени, с чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – озимые зерновые – картофель. [4] Сопутствующие исследования, анализы и наблюдения проводили по общепринятым в растениеводстве науке методикам.

Погодные условия в годы исследований различались. По Г.Т. Селянинову: 2012, 2017 – избыточно влажные (ГТК за вегетационный период 2,31 и 2,02), 2011, 2015, 2016, 2018, 2019 – влажные (ГТК 1,12...1,58), 2013 и 2014 – засушливые (ГТК 0,95 и 0,99). Влажность пахотного слоя под посадками картофеля соответственно грациям этих лет в среднем за вегетацию составила 73, 60, 39 % НВ, порозность аэрации – 35, 39, 43 %. Объемная масса пахотного слоя почвы и общая пористость в течение вегетации картофеля во все годы были соответственно 1,17...1,19 г/см³ и 54...55 % объема почвы,

на уровне оптимальных значений, а порозность аэрации, в основном, выше таковых.

Картофель требователен к влажности почвы, однако в разные периоды роста и развития растений неодинаково. В первый период – прорастание клубней, появление всходов и начало формирования ботвы, растения картофеля хорошо переносят засушливую погоду и формируют при этом более развитую корневую систему. Во второй период – наибольшего роста ботвы, совпадающего с фазами бутонизации и цветения, потребность картофеля во влаге резко возрастает, недостаток ее отрицательно влияет на формирование столонов, образование клубней, фотосинтез, оптимальная влажность почвы должна быть 70...80 % НВ. В фазе формирования клубней – созревание, благоприятные условия складываются при теплой погоде и влажности почвы 55...60 % НВ. Недостаток и избыток влаги отрицательно сказывается на уровне и качестве урожая (табл. 1).

Наиболее благоприятное состояние водно-воздушного режима почвы при возделывании картофеля по грядовой технологии в течение вегетации сложилось в избыточно влажные годы, во влажные растения испытывали недостаток влаги в отдельные фазы, особенно от клубнеобразования до созревания. В засушливые годы растениям недостаточно было влаги в течение всей вегетации.

Наблюдения за питательным режимом, в частности содержанием нитратного и аммиачного азота в пахотном слое почвы, выявили различия по вариантам удобрений во все фазы развития растений. Сохраняется польза применения удобрений и повышения их норм преимущественно во влажные годы (табл. 2). Причем преобладала нитратная форма, но в разной степени. В избыточно влажные годы различие меньше в 1,6 раза, во влажные – 3,8, наибольшее в засушливые – 5,2 раза.

Таблица 1.
Влажность пахотного слоя почвы под посадками картофеля в разные периоды вегетации в зависимости от погодных условий, % НВ

Годы исследований	Прорастание клубней, появление всходов и формирование ботвы	Наибольший рост ботвы, фазы бутонизации и цветения	Формирование клубней – созревание
Избыточно влажные	78	68	68
Влажные	63	62	47
Засушливые	49	37	22

Таблица 2.
Суммарное содержание нитратного и аммиачного азота в почве (мг/кг почвы) под посадками картофеля в среднем за вегетацию и нитратов в клубнях (мг/кг) в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий

Вариант	Годы исследований					
	избыточно влажные		влажные		засушливые	
	NO_3+NH_4 в почве	NO_3 в клубнях	NO_3+NH_4 в почве	NO_3 в клубнях	NO_3+NH_4 в почве	NO_3 в клубнях
Без удобрений	8,7	128,7	18,5	106,8	13,0	61,8
Средние нормы	35,0	148,9	44,3	192,0	27,4	164,0
Высокие нормы	41,1	180,1	90,3	234,0	48,8	174,8
<i>Среднее</i>	28,3	152,6	51,1	177,6	29,7	133,5

При оценке качества продукции установлено, что содержание нитратов в клубнях картофеля также увеличивалось с повышением фона удобренности во все годы, но не превышало ПДК (250 мг/кг), и в среднем по вариантам удобрений выше было во влажные годы, меньше — в засушливые. Во все годы прослеживается тесная корреляционная зависимость между суммарным содержанием NO_3 и NH_4 в почве и нитратами в клубнях, коэффициент корреляции 0,86.

По содержанию крахмала в клубнях можно отметить тенденцию снижения во влажные и избыточно влажные годы, по сравнению с засушливыми в среднем по вариантам опыта с 14,1 до 13,1 и 13,6 %. В вариантах с применением удобрений, по сравнению с неудобранным, наблюдалось его повышение в избыточно влажные годы при средних нормах с 13,2 до 14,0 %, высоких — до 13,7, в засушливые — соответственно с 13,9 до 14,2 и 14,3 %. Во влажные годы при средних нормах значения близкие с неудобранным вариантом с некоторым преимуществом первых — 13,3 и 13,4 %, при высоких нормах содержание крахмала снижалось до 12,7 %. В среднем за 9 лет заметна тенденция его повышения при средних нормах с 13,4 до 13,8, высоких практически не изменялось (13,3 %). Урожай картофеля был выше в избыточно влажные годы по сравнению с влажными — на 21, засушливыми — на 68 %.

Применение и повышение норм удобрений положительно сказывалось на формировании урожая картофеля (табл. 3). В среднем за 9 лет урожай в варианте со средними нормами удобрений, по сравнению с неудобранным, повысился в 1,8 раза, с высокими — в 2,1. Увеличение нормы удобрений дало прибавку урожая на 17 %.

В зависимости от погодных условий применение удобрений в различной степени оказало положительное действие на формирование урожая картофеля. Большой эффект отмечен в избыточно влажные годы: при средних нормах урожай повысился на 32,2 т/га (в 3,4 раза), при высоких — на 41,5 (в 4,1), в засушливые: соответственно на 11,0 (в 1,8) и 16,8 (в 2,2), во влажные: на 10,3 (в 1,4 раза) и 14,9 % (в 1,6) соответственно. Доля участия погодных условий в вариативности урожая составила 23, удобрений — 61 %.

Эффективность применения удобрений в посевах культур можно оценить, определив оплату 1 кг д.в. прибавкой урожая. В среднем за 9 лет выше окупаемость удобрений была при средних нормах — 63, высоких — 57 кг/кг.

В зависимости от погодных условий наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая картофеля получена в избыточно влажные годы также от внесения средних норм — 133, высоких — 112 кг, во влажные — соответственно 43 и 40 кг, в засушливые — при обеих нормах 45 кг.

Количество и масса клубней с одного куста в среднем по вариантам опыта больше формировались в избыточно влажные годы соответственно 16,3 шт. и 919 г, меньше в засушливые — 10,3 и 692, влажные занимали промежуточное положение — 12,5 шт. и 907 г.

Применение и повышение норм удобрений в избыточно влажные годы в меньшей степени повлияло

на изменение количества клубней с куста — с 16,2 до 16,6 шт., но в большей степени отразилось на увеличении их массы — в 3,1 и 3,7 раза, во влажные — соответственно этим показателям — с 11,3 до 13,0 шт. и в 1,5 и 1,7 раза, засушливые — с 8,6 до 12,1 шт. и в 2,0 и 2,3 раза.

Средняя масса 1 клубня по вариантам опыта больше была во влажные годы — 74 г, засушливые — 65, избыточно влажные — 56 г. В вариантах с удобрениями она изменялась в избыточно влажные годы, увеличиваясь с 21,5 г до 69,4 и 78,5 г (в 3,2 и 3,7 раза), во влажные — с 58,2 до 73,8 и 89,3 (в 1,3 и 1,5 раза), в засушливые — с 45,7 до 74,4 и 74,6 г (в 1,6 раза).

Количество и масса крупных и средних клубней в процентном отношении по вариантам опыта в среднем снижались с повышением влажности почвы, в засушливые годы были соответственно 58 и 83, во влажные — 53 и 80, в избыточно влажные — 46 и 77 %.

На неудобранном фоне значения этих показателей меньше были в избыточно влажные годы, соответственно 15 и 54 %, в другие годы они близкие по количеству — 48...49 % и массе — 75...76 %. Но применение удобрений больше всего повышало количество и массу крупных и средних клубней в избыточно влажные годы, при высоких нормах — соответственно до 66 и 90 %, во влажные — до 57 и 82, засушливые — до 61 и 88 %.

Важный показатель — использование фотосинтетической активной радиации (КПД ФАР). Посевы по средним значениям КПД ФАР подразделяют на следующие группы: обычные — 0,5...1,5 %, хорошие — 1,5...3,0, рекордные — 3,5...5,0 %. Расчеты показали, что эффективность использования ФАР посадками картофеля возрастала при применении и повышении норм удобрений во все годы исследований (табл. 4).

Таблица 3.
Урожайность картофеля в годы исследований в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий, т/га

Вариант	Годы исследований			В среднем
	избыточно влажные	влажные	засушливые	
Без удобрений	13,6	23,2	13,4	18,9
Средние нормы	45,8	33,5	24,4	34,2
Высокие нормы	55,1	38,1	30,2	40,1
<i>Среднее</i>	<i>38,2</i>	<i>31,6</i>	<i>22,7</i>	

Примечание. НСР05 для любых средних — 3,4, для удобрений — 2,0, для лет — 2,0.

Таблица 4.
Величина КПД ФАР на посадках картофеля в годы исследований в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий, %

Вариант	Годы исследований			В среднем
	избыточно влажные	влажные	засушливые	
Без удобрений	0,88	1,55	0,85	1,09
Средние нормы	2,97	2,44	1,56	2,32
Высокие нормы	3,50	2,80	1,92	2,74
<i>Среднее</i>	<i>2,45</i>	<i>2,26</i>	<i>1,44</i>	

При величине прихода фотосинтетически активной солнечной радиации 2,3 млрд. ккал/га КПД ФАР в среднем за 9 лет в вариантах с удобрениями по сравнению без таковых был выше при средних нормах — в 2,1, высоких — в 2,5 раза.

В зависимости от погодных условий наиболее высокий КПД ФАР на удобренном фоне отмечен в избыточно влажные годы, при средних нормах — 2,97, высоких — 3,50 %, наименьший в засушливые — соответственно 1,56 и 1,92 %.

Таким образом, выявлено различное влияние удобрений в зависимости от погодных условий на формирование урожая и качество продукции картофеля. Наиболее благоприятное состояние водно-воздушного режима почвы при возделывании картофеля по грядовой технологии в течение вегетации сложилось в избыточно влажные годы, в засушливые растения испытывали большой недостаток влаги в течение всего периода, во влажные — особенно в период клубнеобразования до созревания.

Применение удобрений оказало разное положительное действие на формирование урожая картофеля. Большой эффект от применения удобрений отмечен в избыточно влажные годы. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем картофеля установлена от внесения средних норм, в среднем за 9 лет она составила 63 кг, выше — в избыточно влажные годы — 133 кг.

Полученные данные целесообразно использовать при выборе ресурсоэкономичных технологий возделывания картофеля с учетом почвенных, погодных и производственных условий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жевора, С.В. Экологическая адаптивность перспективных сортов отечественной селекции и экономическая оценка их возделывания/ С.В. Жевора // Земледелие. — 2019. — № 5. — С. 30–35.
2. Котова, З.П. Удобрение картофеля на севере/ З.П. Котова и др. // Картофель и овощи. — 2015. — № 11. — С. 31–32.
3. Лекомцева, Е.В. Удобрение картофеля/ Е.В. Лекомцева и др. // Картофель и овощи. — 2015. — № 4. — С. 34–35.
4. Митрофанов, Ю.И. Приемы адаптивной интенсификации возделывания картофеля на осушаемых почвах/ Ю.И. Митрофанов, Л.И. Петрова, Н.К. Первушина // Мелиорация и водное хозяйство. — 2014. — № 2. — С. 28–31.
5. Панков, И.В. Технология возделывания картофеля в Калининградской области/ И.В. Панков // Картофель и овощи. — 2003. — № 3. — С. 5–6.
6. Петрова, Л.И. Влияние агроландшафтных условий и удобрений на урожай культур на осушаемых землях ЦР НЗ/ Л.И. Петрова, Е.М. Корнеева // Земледелие. — 2008. — № 1. — С. 12–13.

7. Пшеченков, К.А. Подготовка почвы и удобрение картофеля/ К.А. Пшеченков, А.В. Смирнов // Картофель и овощи. — 2015. — № 5. — С. 31–32.
8. Сташевски, З. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля / З. Сташевски, О.А. Кузьмина, С.Г. Вологин и др. // Земледелие. — 2019. — 6. — С. 43–48.
9. Федотова, Л.С. Роль удобрений в формировании урожая и улучшении качества продукции/ Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Н.А. Новиков // Картофель и овощи. — 2002. — № 5. — С. 11–12.
10. Чухина, О.В. Продуктивность картофеля при минимальной и расчетной дозах удобрений в Вологодской области/ О.В. Чухина, Ю.П. Жуков // Плодородие. — 2012. — № 5. — С. 11–13.

LIST OF SOURCES

1. Zhevora, S.V. E`kologicheskaya adaptivnost` perspektivny`x sortov otechestvennoj selekcii i e`konomicheskaya ocenka ix vozdel`vaniya/ S.V. Zhevora // Zemledelie. — 2019. — № 5. — S. 30–35.
2. Kotova, Z.P. Udobrenie kartofelya na severe/ Z.P. Kotova i dr. // Kartofel` i ovoshhi. — 2015. — № 11. — S. 31–32.
3. Lekomceva, E.V. Udobrenie kartofelya/ E.V. Lekomceva i dr. // Kartofel` i ovoshhi. — 2015. — № 4. — S. 34–35.
4. Mitrofanov, Yu.I. Priemy` adaptivnoj intensifikacii vozdel`vaniya kartofelya na osu-shaemy`x pochvax/ Yu.I. Mitrofanov, L.I. Petrova, N.K. Pervushina // Melioraciya i vodnoe khozyajstvo. — 2014. — № 2. — S. 28–31.
5. Pankov, I.V. Tekhnologiya vozdel`vaniya kartofelya v Kaliningradskoj oblasti/ I.V. Pankov // Kartofel` i ovoshhi. — 2003. — № 3. — S. 5–6.
6. Petrova, L.I. Vliyanie agrolandshaftny`x uslovij i udobrenij na urozhaj kul`tur na osu-shaemy`x zemlyax CzR NZ/ L.I. Petrova, E.M. Korneeva // Zemledelie. — 2008. — № 1. — S. 12–13.
7. Pshechenkov, K.A. Podgotovka pochvy` i udobrenie kartofelya/ K.A. Pshechenkov, A.V. Smirnov // Kartofel` i ovoshhi. — 2015. — № 5. — S. 31–32.
8. Stashevski, Z. Pervy`e rezul`taty` e`kologo-geograficheskogo ispy`taniya novy`x rossijskix sortov kartofelya / Z. Stashevski, O.A. Kuz`minova, S.G. Volgin i dr. // Zemledelie. — 2019. — 6. — S. 43–48.
9. Fedotova, L.S. Rol` udobrenij v formirovanii urozhaya i uluchshenii kachestva produkcii/ L.S. Fedotova, N.A. Timoshina, N.A. Novikov // Kartofel` i ovoshhi. — 2002. — № 5. — S. 11–12.
10. Chuxina, O.V. Produktivnost` kartofelya pri minimal`noj i raschetnoj dozax udobrenij v Vologodskoj oblasti/ O.V. Chuxina, Yu.P. Zhukov // Plodородие. — 2012. — № 5. — S. 11–13.