

**Серик Кайкенович Абеуов<sup>1</sup>, Виктор Александрович Камкин<sup>2</sup>, Олжас Даулетжанович Шойкин<sup>3✉</sup>, Наталья Владимировна Малицкая<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров Университет», Павлодар, Республика Казахстан

<sup>3</sup>Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия

<sup>4</sup>Некоммерческое акционерное общество «Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева», Петропавловск, Республика Казахстан

<sup>1</sup>abeuov.s@mail.ru

<sup>2</sup>vikkamkin@gmail.com

<sup>3</sup>od.shoykin@omgau.org

<sup>4</sup>natali\_gorec@mail.ru

### **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ УЧАСТИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ (N, P, K) В ФОРМИРОВАНИИ ПРИБАВКИ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

Цель исследований – выявить эффективность минеральных удобрений под картофель в различных дозах и сочетаниях в условиях Северного Казахстана. Анализ экспериментальных данных позволил выявить закономерности влияния различных доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность картофеля в условиях Северного Казахстана. Применение азотных удобрений позволило повысить урожайность за два года исследований с 34,4 до 35,5 т/га. Дозы N<sub>45-135</sub> позволили получить прибавку до 4,2 т/га, или 13,4 % по отношению к контролю, к фоновому значению прибавка составила 6,2–9,7 %. Внесение N<sub>90</sub> повысило урожайность до 35,3 т/га, а при дальнейшем увеличении (до N<sub>135</sub> кг/га) действие азота было менее значимым. При внесении фосфора 45 кг д.в. на фоне N<sub>45</sub>K<sub>45</sub> урожайность клубней картофеля повысилась (прибавка 3,1 т/га), но при внесении 90 кг д.в. прибавка составила 6,5 т/га. На фоне азота и фосфора внесение калийных удобрений (K<sub>45-90</sub>) в среднем за годы исследований незначительно повышало урожайность (прибавка 1,3–1,5 т/га). Зависимость между дозами азота и урожайностью картофеля была высокой ( $r = 0,95$ ), фосфора – сильной ( $r = 0,98$ ), калия – средней ( $r = 0,74$ ). Математические зависимости выражались следующими уравнениями регрессии:  $Y_N = 0,0322x + 32,58$ ,  $Y_P = 0,0722x + 31,25$ ,  $Y_K = 0,0167x + 33,283$ . В среднем каждый килограмм азота, фосфора и калия увеличивал урожай картофеля соответственно на 32,2; 72,2 и 17 кг. Полученные путем корреляционно-регрессионного метода показатели («b<sub>N</sub>», «b<sub>P</sub>», «b<sub>K</sub>») характеризуют динамику связи двух переменных «x» – дозы удобрений и «Y» – урожайность картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, минеральное питание, уравнения регрессии, связь, переменные, удобрения, коэффициенты

**Для цитирования:** Алгоритм оценки участия элементов питания (N, P, K) в формировании прибавки урожайности картофеля в условиях степи Северного Казахстана / С.К. Абеуов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 65–74. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-65-74.

**Serik Kaikenovich Aбеuov<sup>1</sup>, Viktor Alexandrovich Kamkin<sup>2</sup>, Olzhas Dauletzhanovich Shoikin<sup>3✉</sup>, Natalya Vladimirovna Malitskaya<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Non-commercial joint stock company "Toraigrov University", Pavlodar, Republic of Kazakhstan

<sup>3</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

<sup>4</sup>Non-commercial joint stock company "North-Kazakhstan University named after M. Kozybaev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

<sup>1</sup>abeuov.s@mail.ru

<sup>2</sup>vikkamkin@gmail.com

<sup>3</sup>od.shoykin@omgau.org

<sup>4</sup>natali\_gorec@mail.ru

## ALGORITHM FOR ASSESSING THE NUTRITION ELEMENTS (N, P, K) PARTICIPATION IN THE INCREASED POTATO YIELD FORMATION UNDER THE NORTHERN KAZAKHSTAN STEPPE CONDITIONS

The purpose of research is to reveal the effectiveness of mineral fertilizers for potatoes in various doses and combinations in the conditions of Northern Kazakhstan. The analysis of experimental data made it possible to reveal the regularities of the influence of various doses and combinations of mineral fertilizers on the yield of potatoes in the conditions of Northern Kazakhstan. The use of nitrogen fertilizers made it possible to increase a yield in two years of research from 34.4 to 35.5 t/ha. Doses of  $N_{45-135}$  made it possible to obtain an increase of up to 4.2 t/ha, or 13.4 % in relation to the control; the increase was 6.2–9.7 % compared to the background value. The application of  $N_{90}$  increased the yield to 35.3 t/ha, and with a further increase (up to  $N_{135}$  kg/ha), the effect of nitrogen was less significant. When making phosphorus 45 kg a.i. against the background of  $N_{45}K_{45}$ , the yield of potato tubers increased (an increase of 3.1 t/ha), but when 90 kg of a.i. the increase was 6.5 t/ha. Against the background of nitrogen and phosphorus, the introduction of potash fertilizers ( $K_{45-90}$ ) on average over the years of research slightly increased the yield (an increase of 1.3–1.5 t/ha). The relationship between nitrogen doses and potato yield was high ( $r = 0.95$ ), phosphorus – strong ( $r = 0.98$ ), potassium – medium ( $r = 0.74$ ). Mathematical dependencies were expressed by the following regression equations:  $Y_N = 0.0322x + 32.58$ ,  $U_R = 0.0722x + 31.25$ ,  $U_C = 0.0167x + 33.283$ . On average, each kilogram of nitrogen, phosphorus and potassium increased the potato yield by 32.2, respectively; 72.2 and 17 kg. The indicators obtained by the correlation-regression method (" $b_N$ ", " $b_P$ ", " $b_K$ ") characterize the dynamics of the relationship between two variables " $x$ " – fertilizer doses and " $Y$ " – potato yield.

**Keywords:** potatoes, mineral nutrition, regression equations, relationship, variables, fertilizers, coefficients

**For citation:** Algorithm for assessing the nutrition elements (N, P, K) participation in the increased potato yield formation under the Northern Kazakhstan steppe conditions / S.K. Abeuov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(6): 65–74. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-65-74.

**Введение.** Картофель является одной из важных сельскохозяйственных культур, имеющей продовольственное и кормовое значение. Практически ежедневно человек употребляет картофель или полученные из него продукты, в которых содержатся необходимые для нормального функционирования организма вещества [1]. Клубни представляют собой сырье как производные спирта и крахмала, идущие на корм скоту и птицы, а в особо засушливые годы используют и ботву для получения силоса [1, 2].

Кроме того, картофель ценен и в агротехническом отношении. Как пропашная культура способствует разрыхлению почвы и очищению поля от сорняков. Его возделывание после зерновых уменьшает содержание в пашне энтомо- и фитофагов, приносящих вред злакам. Большие урожаи клубней картофеля, широкая известность и экологическая пластичность делают его хорошей страховой культурой [3, 4].

Отдавая должное этой культуре, академик Д.Н. Прянишников писал, что «возделывать картофель на полях это то же, что получать три колоса там, где раньше рос один» [5].

В агропромышленном комплексе Республики Казахстан значимость и потребность в картофеле постоянно возрастает. В связи с этим перед аграриями картофелеводами ставится задача повышения продуктивности картофельных полей при одновременном снижении энергетических затрат на его производство.

Добиться высоких результатов в области картофелеводства можно только за счет широкого освоения современных высокоэффективных технологий производства картофеля, включающих в себя использование современных машин, качественного семенного материала, эффективных доз и сочетаний удобрений и средств химической защиты растений [6–9].

Для улучшения результатов в области картофелеводства в Павлодарской области необходимо использовать сорта, устойчивые к неблагоприятным погодным условиям возделывания, а также удобрения-стимуляторы увеличения продуктивности картофеля [10].

В настоящее время имеет все более важное значение определение потребности растений в удобрениях при резкой их относительной недос-

таточности или избыточности и несбалансированности в почве, правильное установление доз, оптимального соотношения питательных веществ в них, сроков и способов применения под определенную сельскохозяйственную культуру [11, 12].

В современной агрохимической науке и практике особенно актуальными являются вопросы применения и повышения эффективности минеральных удобрений. Не теряют актуальность вопросы наилучших доз и сочетаний удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях [12]. Вопросами расчета доз удобрений под растениями занимались ряд ученых, для этого использовали различные методы и математические формулы [6, 10, 11, 13, 14]. Но несмотря на это, до настоящего времени не разработано совершенной методики, позволяющей охватить все факторы, определяющие количество элементов питания, которые необходимо внести в почву для получения запланированного урожая заданной величины и качества [15].

Д.Р. Хоглэнд и многие ученые указывают, что исследователь, работающий над вопросами питания растений, изучает прежде всего многофазную систему «почва–растение–атмосфера» с ее бесчисленными взаимоотношениями и взаимодействиями. К этому можно добавить сложность системы почвы и окружающей среды в современных реалиях, на которой произрастает растение [13, 15–17].

**Цель исследований** – выявить эффективность минеральных удобрений под картофель в различных дозах и сочетаниях в условиях Северного Казахстана.

**Объекты и методы.** Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность картофеля изучалось в полевом опыте. Опыт включал девять вариантов выборки полной факториальной схемы при четырех уровнях азота, фосфора и калия. Уровни элементов питания: 0, 45, 90, 135 (азотные удобрения) кг д.в. на га. Удобрения использовались по классической схеме с шагом 45 кг д.в./га для выявления оптимальной отзывчивости картофеля на питательные вещества.

Опыт по выявлению отзывчивости картофеля на минеральные удобрения размещался в степной почвенно-климатической зоне Евгеньевского сельского округа (сельскохозяйственная зона г. Аксу Павлодарской области Республики Казахстан). Закладывался на опытных полях

ТОО «Уштерек и К». Дозы удобрений: 1. Контроль (без удобрений). 2. P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. 3. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>. 4. N<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. 5. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. 6. N<sub>90</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. 7. N<sub>135</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. 8. N<sub>45</sub>P<sub>90</sub>K<sub>45</sub>. 9. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>. Объект исследований – сорт картофеля зарубежной селекции Гала. Опыты закладывались в 4-кратной повторности с площадью делянок 48 м<sup>2</sup> в четыре яруса. Размещение делянок – рендомизированное. Посадку картофеля проводили в первой декаде мая. Формы удобрений: простые (аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий); комплексные (аммофос). Расчет количества минеральных удобрений проводился по формуле для односторонних и многосторонних

удобрений  $D_{ФМ} = \frac{D_{Д.В}}{d}$  [18, с. 47–48].

Удобрения вносили вручную с последующей заделкой. Расстояние между делянками составляет 70 см, между каждой повторностью – 1 м.

Каштановая маломощная почва опытного поля Уштерек – легкого механического состава. Содержание гумуса низкое, что в среднем составило 1,7–2,1 % по Тюрину, нитратного азота до посева – 13,2 мг/кг, подвижного фосфора – 28,4 мг/кг и обменного калия – 424 мг/кг по Мачигину, рН<sub>сол</sub> – 7,1. Анализ проводили по общепринятым методикам в ЦАС Омский.

Климатические условия по годам исследования были следующие. В 2015–2016 гг. была характерная умеренная засушливость июня, июля и августа со среднемесячными температурами 20–24 °С. Влажность воздуха была на уровне 62 %. В этот период выпадает осадков от 24,6 до 34,3 мм [19].

Оценку опытных данных и выявление различных зависимостей в системе «урожайность–удобрение» проводили методами дисперсионного, регрессионного и коррелятивного анализов по Б.А. Доспехову [20]. Установление математических связей – с помощью специализированных пакетов статистических программ на персональном компьютере.

**Результаты и их обсуждение.** В полевых опытах с удобрениями изучали влияние азотно-фосфорно-калийных удобрений на урожайность клубней картофеля. Была разработана программа эффективности удобрений и выданы рекомендации наилучших доз.

Влияние минеральных удобрений на продуктивность картофеля по-разному проявилось в зависимости от доз и соотношений питательных компонентов в том или ином варианте. Так, при

установлении зависимости между внесенными дозами минеральных удобрений (NPK кг/га) и урожайностью картофеля (т/га) наблюдалась положительная коррелятивная связь (табл., уравнения 1–3).

**Влияние минеральных удобрений на урожайность картофеля на каштановых почвах (2015–2016 гг.)**

Вариант	Урожайность клубней, т/га	Прибавка к контролю		Прибавка к фону, т/га			«b» окупаемость 1 кг д.в. уд. урожая, ц/га		
		т/га	«b», ц/га	P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	N	P	K
				N	P	K			
Контроль	31,3	–	–						
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	32,4	1,1	0,122						
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	33,1	1,8	0,200						
N <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	31,3	-	-						
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	34,4	3,1	0,230	2,0	3,1	1,3	0,444	0,689	0,288
N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	35,3	4,0	0,222	2,9			0,322		
N <sub>135</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	35,5	4,2	0,187	3,1			0,229		
N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>45</sub>	37,8	6,5	0,361		6,5			0,722	
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	34,6	3,3	0,183			1,5			0,167

Из данных таблицы можно сделать вывод, что наивысшая урожайность от применения азотно-фосфорно-калийных удобрений в сравнении с контролем в сочетании 1:2:1 в дозах N<sub>45</sub>P<sub>90</sub>K<sub>45</sub>, прибавка – 6,5 т/га (20,8 %). Второе место по эффективности на урожай клубней был выявлен у варианта NPK в сочетании 2:1:1, прибавка составила 4,2 т/га, или 13,4 %. Калийные удобрения на N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> дали прибавку к фону 1,5 т/га, что составило 4,5 %, а по отношению к контролю – 3,3 т/га, или 10,5 %.

При низком содержании азота в почве экспериментально использовали повышенную дозу азота для ответной реакции картофеля на элемент питания. Прибавка урожайности в варианте N<sub>135</sub> составила 3,1 т/га по отношению к фону, или 9,6 %. Прибавка по отношению к варианту с дозой N<sub>90</sub> была незначительной.

Анализ полученных данных показал, что картофель проявляет высокую отзывчивость на используемые удобрения. Результаты полевых опытов позволяют установить показатель взаимосвязи между величиной урожая и дозой удобрения («b») [11, 14].

Полученные нормативные количественные характеристики («b») интенсивности действия

каждого внесенного азота, фосфора и калия в дозах от 45 до 90 кг/га (на фонах PK, NK и NP) позволяют определить, на какую величину повысится урожайность картофеля и окупаемость одного килограмма внесенного удобрения [10, 15].

Располагая коэффициентами интенсивности 1 кг удобрений на величину урожая картофеля (ц/га или т/га) и «b» – потребности в удобрениях (NPK) на создание единицы урожая (1 ц/га либо 1 т/га), можно определить количество удобрений, необходимое для обеспечения запланированной прибавки урожая [10].

На основе полевых опытов с удобрениями и статистического анализа, а также математического корреляционно-регрессивного метода были получены показатели («b<sub>N</sub>», «b<sub>P</sub>», «b<sub>K</sub>»), характеризующие динамику связи между переменными величинами «x» (дозы удобрений) и «У» (урожай картофеля). Они показывают, насколько в среднем изменяется величина одного признака при изменении другого, и вычисляются согласно принятым методам вычисления – уравнения (1), (2), (3).

$$y = 0,0322x + 32,58; r = 0,95. \quad (1)$$

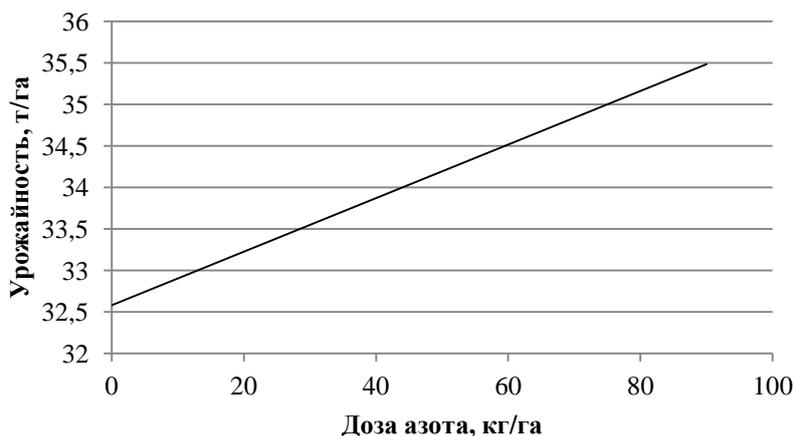


Рис. 1. Зависимость между дозами азота и урожайностью клубней картофеля, среднее за 2015–2016 гг.

Азот – один из основных элементов питания. Обеспечение растений азотом во многом зависит от скорости разложения органического вещества почвы, на которую оказывают сильное влияние условия окружающей среды, агротехника, плодородие почвы, применяемые удобрения. Недостаток или избыток азота резко сказывается на росте вегетативных органов, что в конечном итоге ведет к недобору урожая [11, 15]. Содержание какого-либо питательного вещества часто возрастает при внесении его в удобрения, за счет этого может повыситься или понизиться содержание других элементов. Для продуктивности растения важна не только концентрация каждого питательного вещества, но и его соотношение, которое должно соблюдаться в определенных пределах.

Так, в среднем по годам исследований наилучшие дозы и сочетания удобрений были

$N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{90}P_{45}K_{45}$ , прибавки урожайности картофеля от которых соответственно составили 3,1; 4,0 т/га. Исследованиями установлено, что внесение азотных удобрений более 90 кг/га экономически невыгодно согласно коэффициенту «b» – 0,187. По данным исследований Ц.-Д.Д. Батомункаевой, высокие дозы азота на фоне фосфорно-калийных удобрений положительно влияли на урожайность товарных клубней картофеля [21]. Каждый килограмм внесенного в почву азота увеличивал урожай клубней на 0,032 т/га. Эта связь между дозами азота, внесенного в почву (N, кг/га), и урожайностью картофеля выражается уравнением регрессии (1).

Установлена высокая положительная зависимость между фосфором удобрений и урожайностью картофеля – уравнение (2).

$$y = 0,0722x + 31,25; r = 0,98. \quad (2)$$

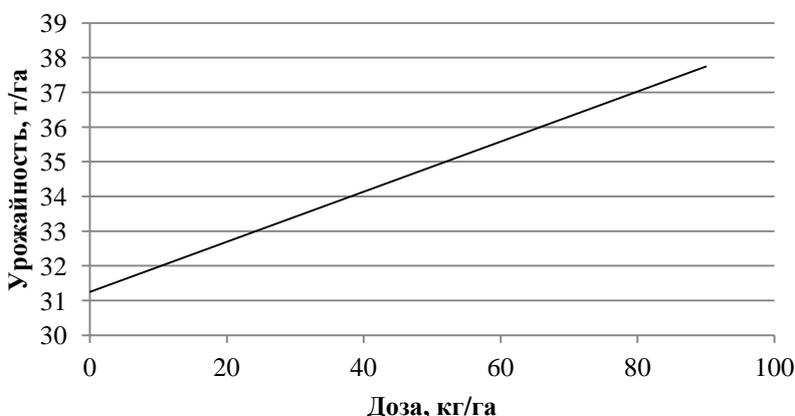


Рис. 2. Зависимость между дозами фосфора и урожайностью клубней картофеля, среднее за 2015–2016 гг.

В среднем по годам исследования положительно влияли на урожайность клубней картофеля следующие варианты:  $N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{45}P_{90}K_{45}$ . Максимальная урожайность – в пределах 34,4–37,8 т/га. Об этом свидетельствует высокая функциональная зависимость урожайности картофеля ( $Y$ , т/га) от доз фосфорных удобрений ( $P$  кг/га) – уравнение (2). Каждый килограмм внесенного в почву фосфора увеличивал урожай клубней на 0,072 т/га.

Проводимые исследования минерального питания под картофель подразумевают использование трех элементов. Калий необходим для повышения засухоустойчивости культуры, возможности противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды, стимулирования течения фотосинтеза, синтеза сахаров, углеводов, устойчивости к различным заболеваниям [1]. Калийные удобрения растворимы в воде и при-

меняются с успехом на различных почвах. КСЛ является основным калийным удобрением, которое может использоваться в качестве третьего компонента минерального питания на почвах с близкой к нейтральной реакции среды. При внесении в почву калий быстро переходит из почвенного раствора в поглощенное состояние. На почвах, находящихся в эксплуатации и удобренных азотом и фосфором, калийные удобрения весьма эффективны в связи с недостатком доступного калия по отношению к азоту и фосфору [15]. Пересыхание верхнего слоя почвы, особенно попеременное высушивание и увлажнение, усиливает поглощение калия в необменной форме почвенными коллоидами, что в конечном итоге сказывается на динамике обменного калия.

$$y = 0,0167x + 33,283; r = 0,74. \quad (3)$$

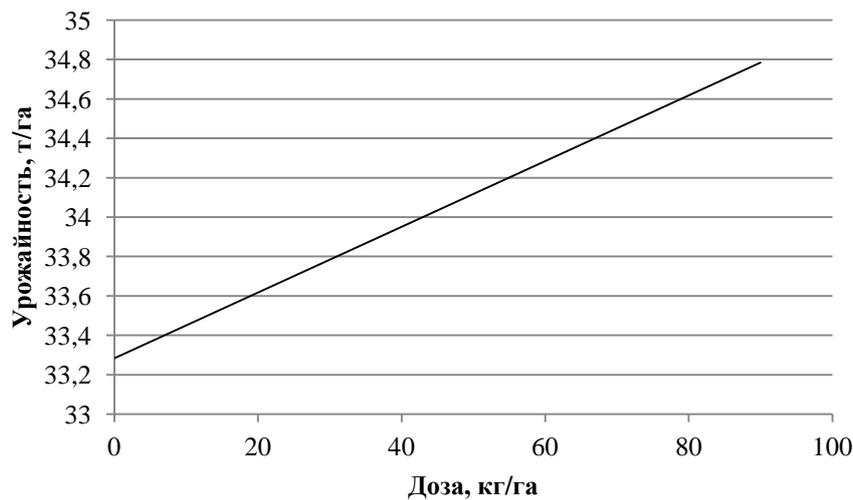


Рис. 3. Зависимость между дозами калия и урожайностью клубней картофеля, среднее за 2015–2016 гг.

Выявлено, что хлор играет существенную роль в жизнедеятельности растительного организма: ему принадлежит третье место из восьми для изучаемого картофеля. Ряд минерального состава листьев картофеля: 1. К. 2. N. 3. Cl. 4. Са. 5. Р. 6. Mg. 7. S. 8. Na [15, с. 154–155].

Из рисунка 3 видно, что применение 1 кг калийных удобрений увеличивало урожай клубней картофеля на 0,017 т/га. Графики на рисунках 1–3 указывают на текущую связь урожая с применением удобрений (NPK).

Для определения количества необходимых удобрений под картофель на каштановых поч-

вах следует располагать следующими данными: величина прибавки урожая, коэффициент интенсивности действия единицы удобрения на величину урожая («b») и соотношение N:P:K, разработанное для данной культуры и типа почв: азот, фосфор и калий – в сочетании 1:2:1 [10]. Окупаемость 1 кг фосфора составила 0,72 ц клубней картофеля, азот удобрений «b<sub>N</sub>» – 0,32 ц/га. Таким образом, внесенные дозы удобрений NPK в сочетании 1:2:1 ( $N_{45}P_{90}K_{45}$ ) давали наивысшую прибавку урожая клубней картофеля по сравнению с контролем – 20,7 %.

Величину прибавки урожая вычисляют исходя из знания базисной урожайности, т.е. урожайности без применения минеральных удобрений. Так, наши исследования показывают, что среднюю прибавку урожая картофеля (П) от азотных удобрений (на фоне  $P_{45}K_{45}$ ) можно получить в пределах 40 ц/га (4,0 т/га), от фосфорных (на фоне  $N_{45}K_{45}$ ) – 65 ц/га (6,5 т/га), от калийных (на фоне  $N_{45}P_{45}$ ) – 15 ц/га (1,5 т/га). Все прибавки были получены от азотных удобрений в соотношении 3:1:1 (в сумме частей – 5), от фосфорных удобрений – в соотношении 1:2:1 (в сумме частей – 4), от калийных – 1:1:2 (в сумме частей – 4). Коэффициент « $b_N$ » = 32,2, « $b_P$ » = 72,2, « $b_K$ » = 17, т.е. каждый килограмм удобрений увеличивал урожайность соответственно на 32,2, 72,2 и 17 (см. табл. 1).

Коэффициент « $b$ » не является постоянным и зависит от роста и развития культуры, применяемых удобрений. Чем больше коэффициент « $b$ », тем в меньшей дозе необходимо удобрение для получения высокого урожая.

Коэффициент корреляции между дозами азота, фосфора и калия, вносимым удобрением под картофель и урожайностью клубней составил соответственно  $r = 0,95$ ,  $r = 0,98$ ,  $r = 0,74$ , а уравнения (1), (2), (3) указывают на текущую связь двух переменных.

Количество питательных веществ (Д, кг/га), которое требуется для обеспечения запланированной прибавки урожая, определяется по формуле

$$D = \frac{Y_{\text{п}} - Y_{\text{ф}}}{b},$$

где  $Y_{\text{п}}$  – урожайность планируемая, т/га;

$Y_{\text{ф}}$  – урожайность фактическая, т/га.

Расчет доз  $N_1+P_2+K_1$  на прибавку 6,5 т/га (или 65 ц/га) и « $b$ » = 0,361.

$$\sum N_1 + P_2 + K_1 = 4.$$

$$D_{N_1+P_2+K_1} = \frac{65 \text{ ц}}{0,361} = 180 \text{ кг} / \text{га}.$$

$$D_{P_2O_5} = \frac{180}{4} \cdot 2 = 90 \text{ кг} / \text{га}.$$

$$D_{K_2O} = \frac{180}{4} \cdot 1 = 45 \text{ кг} / \text{га}.$$

$$D_N = \frac{180}{4} \cdot 1 = 45 \text{ кг} / \text{га}.$$

Таким образом, располагая выявленными лучшими дозами удобрений на урожайность картофеля в соотношении 1:2:1 в сумме  $N+P+K = 4$ , коэффициентом « $b$ » = 0,361 ц, можно рассчитать дозы азотных, фосфорных, калийных удобрений и рекомендовать их в производство. При сочетании удобрений 1:2:1 планируемую прибавку урожая картофеля можно получить при внесении 45 кг азота, 90 кг фосфора и 45 кг калия. В таблице представлены оптимальные дозы удобрений, выявленные полевыми опытами, они хорошо согласуются с расчетными дозами.

**Заключение.** Таким образом, на основе данных, полученных методами полевого опыта и статистического анализа, представляется возможным диагностировать потребность растений в минеральных удобрениях для получения запланированных урожаев на каштановых почвах. Выявленные уравнения регрессии (1), (2), (3) можно использовать для диагностических целей урожайности картофеля от доз применяемых удобрений. Так, в среднем за 2 года наибольшая потребность картофеля была в фосфорных и азотных удобрениях. Наибольшая прибавка клубней картофеля (6,5 т/га) получена от действия доз  $N_{45}P_{90}K_{45}$ . Если рассматривать действие азотных удобрений, то оптимальная доза отмечалась на фоне фосфора и калия ( $N_{90}P_{45}K_{45}$ ), прибавка от которой соответственно составила 2,9 т/га. Использование дозы азота ( $N_{135}$ ) менее эффективно, прибавка была незначительной. От доз калийных в дозе  $K_{90}$  прибавки составили от 1,5 до 3,3 т/га, или от 4,5 до 10,5 % по отношению к фону (NP) и контролю. Статистически обработанные данные позволили установить уравнения регрессионного типа зависимости урожайности картофеля ( $Y$ , т/га) и доз удобрений ( $x$ , кг/га).

#### Список источников

1. Дрожкин Б.Н. Селекция картофеля в Западной Сибири: монография. Омск: РАСХН, Сиб. отд-ние, СибНИИСХ, 2004. 272 с.
2. Чагин Вит.В., Чагин В.В. Влияние удобрений на продуктивность, качество и сохранность картофеля в период хранения в степной зоне Хакасии // Земледелие. 2022. № 1. С. 23–25.
3. Temereva I.V., Smimova T.B., Chemisenko O.V. Agrochemical assessment of cultivation efficacy

- for different potato varieties on meadow- Chernozem soils of the iriysh river area in Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference World Technological Trends in Agribusiness. 2021. С. 012098
4. *Abeuov S.K., Shoykin O.D., Kamkin V.A.* Mathematical models for predicting the level of potatoes nutrition from the soil chemical composition in the Northern Kazakhstan conditions // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 954. P. 012003.
  5. *Прянишников Д.Н.* Избранные сочинения: в 3 т. М.: Сельхозиздат, 1963. Т.1. Агрохимия. 735 с.
  6. Разработка комплекса «минеральные удобрения + биопрепараты + орошение» для повышения продуктивности картофеля в Центральном Черноземье / *В.А. Семькин* [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 9. С. 3–10.
  7. *Рабинович Г.Ю., Тихомирова Д.В.* Снижение проявления фитофтороза и повышение урожайности картофеля при применении удобрений // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 40–44.
  8. *Бобренко И.А., Матвейчик О.А., Кормин В.П.* Агрохимические нормативные показатели минерального питания картофеля в лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (41). С. 12–19.
  9. *Писарева Л.В.* Организация внедрения инновационных технологий при производстве картофеля на личных подворьях // АПК: Экономика, управление. 2019. № 6. С. 64–70.
  10. Диагностика потребности картофеля в удобрениях на каштановых почвах Павлодарской области / *К.В. Бабаева* [и др.] // Экологические чтения – 2019: мат-лы X нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), посвящ. 25-летию Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. Омск: Омский ГАУ, 2019. С. 19–24.
  11. *Проберж Э.С.* Диагностика минерального питания сельскохозяйственных культур на южных черноземах засушливой степи: монография / Челябин. гос. агроинж. ун-т. Челябинск: ЧГАУ, 2002. 172 с.
  12. *Иванников А.В., Шрамко Н.В., Мукажанов К.М.* Земледелие Северного Казахстана: учеб. пособие / под ред. *А.В. Иванникова*. Астана: Изд-во КазАТУ, 2001. 296 с.
  13. *Ермохин Ю.И., Бобренко И.А.* Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе системы «ПРОД»). Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. 284 с.
  14. *Ермохин Ю.И.* Прикладная агрохимия: учеб. пособие. 2-е изд., доп. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2020. 140 с.
  15. *Ермохин Ю.И.* Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмсХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. Омск: Изд-во ОмГАУ, 1995. 208 с.
  16. *Абрамов Н.В., Селюкова Г.П.* Оптимизация структуры посевных площадей на биоэнергетической основе. Екатеринбург: Изд-во УрГСХА, 2001. 143 с.
  17. *Коваль С.Ф., Шаманин В.П.* Растение в опыте / ИЦиГ СО РАН, ОмГАУ. Омск, 1999. 204 с.
  18. *Ермохин Ю.И.* Основы прикладной агрохимии: учеб. пособие. Омск: Вариант-Сибирь, 2004. 120 с.
  19. Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: науч.-прикл. справ. / под ред. *С.С. Байшоланова*. Астана, 2017. 127 с.
  20. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Колос, 1985. 351 с.
  21. *Батомункаева Ц.-Д.Д.* Оптимизация азотного питания картофеля, выращиваемого на каштановых почвах Забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04. Улан-Удэ, 2006. 22 с.

## References

1. *Drozhkin B.N.* Selekcija kartofelya v Zapadnoj Sibiri: monografiya. Omsk: RASHN, Sib. otdnie, SibNIISH, 2004. 272 s.
2. *Chagin Vit.V., Chagin V.V.* Vliyanie udobrenij na produktivnost', kachestvo i sohrannost' kartofelya v period hraneniya v stepnoj zone Hakasii // Zemledelie. 2022. № 1. S. 23–25.

3. *Temereva I.V., Smirnova T.B., Chemisenko O.V.* Agrochemical assessment of cultivation efficacy for different potato varieties on meadow-chernozem soils of the iriysh river area in Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference World Technological Trends in Agribusiness. 2021. S. 012098
4. *Abeuov S.K., Shoykin O.D., Kamkin V.A.* Mathematical models for predicting the level of potatoes nutrition from the soil chemical composition in the Northern Kazakhstan conditions // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 954. R. 012003.
5. *Pryanishnikov D.N.* Izbrannye sochineniya: v 3 t. M.: Sel'hozizdat, 1963. T.1. Agrohimiya. 735 s.
6. Razrabotka kompleksa «mineral'nye udobreniya + biopreparaty + oroshenie» dlya povysheniya produktivnosti kartofelya v Central'nom Chernozem'e / *V.A. Semykin* [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 9. S. 3–10.
7. *Rabinovich G.Yu., Tihomirova D.V.* Snizhenie proyavleniya fitoftoroza i povyshenie urozhajnosti kartofelya pri primenenii udobrenij // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 12. S. 40–44.
8. *Bobrenko I.A., Matvejchik O.A., Kormin V.P.* Agrohimicheskie normativnye pokazateli mineral'nogo pitaniya kartofelya v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 1 (41). S. 12–19.
9. *Pisareva L.V.* Organizaciya vnedreniya innovacionnyh tehnologij pri proizvodstve kartofelya na lichnyh podvor'yah // APK: `Ekonomika, upravlenie. 2019. № 6. S. 64–70.
10. Diagnostika potrebnosti kartofelya v udobreniyah na kashtanovyh pochvah Pavlodarskoj oblasti / *K.V. Babaeva* [i dr.] // `Ekologicheskie chteniya – 2019: mat-ly X nac. nauch.-prakt. konf. (s mezhdunar. uchastiem), posvyasch. 25-letiyu Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. P.A. Stolypina. Omsk: Omskij GAU, 2019. S. 19–24.
11. *Proberzh `E.S.* Diagnostika mineral'nogo pitaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur na yuzhnyh chernozemah zasushlivoj stepi: Monografiya / Chelyab. gos. agroinz. un-t. Chelyabinsk: ChGAU, 2002. 172 s.
12. *Ivannikov A.V., Shramko N.V., Mukazhanov K.M.* Zemledelie Severnogo Kazahstana: ucheb. posobie / pod red. *A.V. Ivannikova*. Astana: Izd-vo KazATU, 2001. 296 s.
13. *Ermohin Yu.I., Bobrenko I.A.* Optimizaciya mineral'nogo pitaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur (na osnove sistemy «PROD»). Omsk: Izd-vo OmGAU, 2005. 284 s.
14. *Ermohin Yu.I.* Prikladnaya agrohimiya: ucheb. posobie. 2-e izd., dop. Omsk: Izd-vo OmGAU, 2020. 140 s.
15. *Ermohin Yu.I.* Pochvenno-rastitel'naya operativnaya diagnostika «PROD-OmSHI» mineral'nogo pitaniya, `effektivnosti udobrenij, velichiny i kachestva urozhaya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Omsk: Izd-vo OmGAU, 1995. 208 s.
16. *Abramov N.V., Selyukova G.P.* Optimizaciya struktury posevnyh ploschadej na bio`energeticheskoj osnove. Ekaterinburg: Izd-vo UrGSHA, 2001. 143 s.
17. *Koval' S.F., Shamanin V.P.* Rastenie v opyte / ICiG SO RAN, OmGAU. Omsk, 1999. 204 s.
18. *Ermohin Yu.I.* Osnovy prikladnoj agrohimii: ucheb. posobie. Omsk: Variant-Sibir', 2004. 120 s.
19. Agroklimaticheskie resursy Pavlodarskoj oblasti: nauch.-prikl. sprav. / pod red. *S.S. Bajsholanova*. Astana, 2017. 127 s.
20. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Kolos, 1985. 351 s.
21. *Batomunkaeva C.-D.D.* Optimizaciya azotnogo pitaniya kartofelya, vyraschivaemogo na kashtanovyh pochvah Zabajkal'ya: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 06.01.04. Ulan-Ud`e, 2006. 22 s.

Информация об авторах:

**Серик Кайкенович Абеуов**<sup>1</sup>, заведующий кафедрой агротехнологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Виктор Александрович Камкин**<sup>2</sup>, ассоциированный профессор кафедры агротехнологии, кандидат биологических наук

**Олжас Даулетжанович Шойкин**<sup>3</sup>, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Наталья Владимировна Малицкая**<sup>4</sup>, старший преподаватель кафедры агрономии и лесоводства, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

**Serik Kaikenovich Abeuov**<sup>1</sup>, Head of the Department of Agrotechnology, Candidate of Agricultural Sciences

**Viktor Alexandrovich Kamkin**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Agricultural Technology, Candidate of Biological Sciences

**Olzhas Dauletzhanovich Shoikin**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Natalya Vladimirovna Malitskaya**<sup>4</sup>, Senior Lecturer at the Department of Agronomy and Forestry, Candidate of Agricultural Sciences

