

УДК 631.8:635.21(476-18)

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СРЕДНЕПОЗДНЕГО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ**

**Ионас Екатерина Леонидовна**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Беларусь (213407, г. Горки, ул. Мичурина, 5), канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Безопасности жизнедеятельности», eliaai@rambler.ru*

**Цыганова Анна Александровна**

*УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь (220013, г. Минск, пр. Независимости, 65), канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой «Инженерная экология», anna-1981-81@mail.ru*

**Цыганов Александр Риммович**

*УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Беларусь (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а), доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Физической, коллоидной и аналитической химии», tziganov@belstu.by*

**Аннотация.** В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучена эффективность систем удобрения для среднепозднего сорта картофеля Вектар на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси, обеспечивающую высокую продуктивность клубней. Дана экономическая оценка различных систем удобрения, с применением новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме и регуляторов роста при возделывании картофеля. Для среднепозднего сорта Вектар в системе удобрения рекомендуется применение Нутриванта плюс (картофельный) на фоне повышенных доз удобрений N<sub>130</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub> при трехкратной обработке в дозе 2 кг/га, обеспечивающей урожайность клубней (41,8 т/га) и использование микроудобрения МикроСтим В, Си на фоне N<sub>120</sub>P<sub>70</sub>K<sub>130</sub> в дозе 1,3 л/га при урожайности клубней (39,6 т/га). Рекомендуемые системы удобрения обеспечивают получение высокой прибыли (2377,45 и 2251,58 USD/га) и рентабельности (87,34 и 87,28 %).

Ключевые слова: картофель; система удобрения; регуляторы роста; урожайность; экономическая эффективность.

# ECONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZER SYSTEMS IN CULTIVATION OF MIDDLE-LATE POTATOES UNDER CONDITIONS NORTH-EASTERN PART OF BELARUS

**Ionas Katsiaryna Leonidovna**

*Belarusian State Agricultural Academy", Gorki, Belarus (213407, Gorki, Michurin St.,5), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, eliaai@rambler.ru*

**Thyganova Hanna Alexandrovna**

*Belarusian National Technical University Minsk, Belarus (220013, Minsk, Nezavisimosti Ave., 65), Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Engineering Ecology, anna-1981-81@mail.ru*

**Thyganov Alexander Rimmovich**

*Belarusian State Technological University Minsk, Belarus (220006, Minsk, Sverdlova St., 13a), Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Physical, Colloidal and Analytical Chemistry, tziganov@belstu.by*

**Abstract.** In the studies of the Belarusian State Agricultural Academy, the effectiveness of fertilization systems for the medium-late variety of Vektar potatoes on sod-podzolic light loamy soil in the northeastern part of Belarus, providing high productivity of tubers, was studied. An economic assessment of various fertilization systems is given, with the use of new forms of complex fertilizers for the main application and foliar dressing, micronutrient fertilizers in a chelated form and growth regulators in potato cultivation. For the medium-late variety Vektar in the fertilization system, it is recommended to use Nutrivant plus (potato) against the background of increased doses of fertilizers N<sub>130</sub> P<sub>90</sub> K<sub>150</sub> with three-fold treatment at a dose of 2 kg/ha, ensuring the yield of tubers (41.8 t/ha) and the use of MicroStim B, Cu micronutrient fertilizer against the background of N<sub>120</sub>P<sub>70</sub>K<sub>130</sub> at a dose of 1.3 l/ha with a yield of tubers (39.6 t/ha). Recommended fertilization systems provide high profit (2377.45 and 2251.58 USD/ha) and profitability (87.34 and 87.28 %).

Key words: potato; fertilizer system; growth regulators; productivity; economic efficiency.

Повышение эффективности применения удобрений в земледелии является одной из задач системы удобрения. Эффективность применения удобрений является качественной характеристикой системы удобрений. Для оценки эффективности применения удобрений используют показатели агрономической, экономической и энергетической эффективности [1].

В связи с этим система удобрения картофеля должна строиться таким образом, чтобы обеспечить оптимальное минеральное питание растений с начала прорастания клубней и до окончания вегетации. Достичь этого можно благодаря оптимизации фона питания, соотношения элементов питания в удобрении, видов и способов их внесения [2; 3; 4].

Для практического земледелия важны знания о том, как применять средства химизации комплексно, чтобы их совместное применение было

экономически и экологически целесообразно. На фоне комплексного применения средств химизации (макро-, микроудобрений, регуляторов роста) растения сельскохозяйственных культур более полно используют элементы питания из почвы и внесенных удобрений. В результате у обработанных растений усиливается формирование корневой системы и листового аппарата, повышается интенсивность метаболических процессов. Все это создает условия для формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции [5; 6; 7].

Цель исследований – изучить влияние применения удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, регуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании среднепозднего картофеля.

Опыты с картофелем сорта Вектар проводились в 2020-2022 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Размер общей делянки опыта – 25,2 м<sup>2</sup>, учетной - 16,8 м<sup>2</sup>, повторность – четырёхкратная. Посадку картофеля проводили в 2020 году 12 мая, в 2021 и 2022 годах – 6 мая четырехрядной картофелесажалкой КСМ – 4, семенными клубнями 35–55 мм. Густота посадки – 47,6 тыс. клубней на 1 га.

Почва опытного участка по годам исследований имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и слабокислую реакцию почвенной среды (рН<sub>KCl</sub> 5,1–5,8), высокое содержание подвижных форм фосфора (262–318 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (173,3–214,5 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,54–2,13 мг/кг), среднее содержание подвижного цинка (3,06–4,52 мг/кг), среднее и высокое содержание подвижного бора (0,54–0,77 мг/кг) (табл. 1).

Почва по степени агрохимической окультуренности относится к среднеокультуренной (I<sub>ок</sub> – 0,73) [8].

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы пахотного горизонта опытных участков до закладки опыта с картофелем

| Показатели                    | Единица измерения   | Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва |         |         |
|-------------------------------|---------------------|--|---------|---------|
|                               |                     | 2020 г.                                    | 2021 г. | 2022 г. |
| Гумус                         | %                   | 1,2  | 1,7     | 1,6     |
| рН <sub>KCl</sub>             | рН                  | 5,2  | 5,1     | 5,8     |
| H <sub>г</sub>                | мэкв на 100 г почвы | 1,52                                       | 1,46    | 1,22    |
| S                             | мэкв на 100 г почвы | 12,7                                       | 12,3    | 12,2    |
| T                             | мэкв на 100 г почвы | 14,2                                       | 13,8    | 13,4    |
| V                             | %                   | 89,4                                       | 89,1    | 91,0    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | мг/кг               | 269  | 318     | 262     |

|                  |             |       |       |       |
|------------------|-------------|-------|-------|-------|
| K <sub>2</sub> O | мг/кг       | 214,5 | 173,3 | 187,5 |
| Cu               | мг/кг почвы | 2,13  | 2,06  | 1,54  |
| Zn               | мг/кг почвы | 4,52  | 4,23  | 3,06  |
| B                | мг/кг почвы | 0,77  | 0,54  | 0,72  |

В почвенных образцах по соответствующим методикам определялись следующие показатели:

1. Гумус (органическое вещество) по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91);
2. Гидролитическую кислотность (H<sub>г</sub>) – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 261212–84);
3. Сумму обменных оснований (S) – по Каппену–Гильковицу;
4. Степень насыщенности почв основаниями (V) –  $V = \frac{S}{T} \times 100$ ;
5. Ёмкость поглощения (T) расчетным путем  $T = H_{г} + S$ ;
6. Обменную кислотность рН<sub>KCl</sub> – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85).

Подвижные формы фосфора и калия в почве определяли в 0,24 моль/л вытяжки HCl по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре, калия – на пламенном фотометре (ГОСТ 26207–91).

В исследованиях применялись удобрения: карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O). Из комплексных удобрений для основного внесения использовали азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение марки N:P:K (16:12:24), а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение (ОМУ) для картофеля с содержанием макро -и микроэлементов. Органоминеральное бесхлорное гранулированное удобрение выравнивали в эквивалентных дозах по NPK варианту 3, где применялись стандартные формы минеральных удобрений, путем добавления карбамида и сернокислого калия. Для некорневой подкормки использовали комплексное водорастворимое удобрение Нутривант плюс (картофельный) в дозах по 2,0 кг/га в фазу смыкания ботвы, в фазу бутонизации и в фазу цветения и жидкое комплексное удобрение МикроСтим В, Cu в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Экосил в дозе 200 мл/га в начале цветения; при массовом цветении; через 7 дней после последней обработки.

Весной согласно схеме опыта вносили навоз КРС в дозе 40 т/га с содержанием по годам исследований N 0,48-0,52 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,20-0,22 %, K<sub>2</sub>O 0,55-0,59 %.

В течение вегетации проводили фенологические, биометрические наблюдения и учеты.

В нашем опыте на картофеле испытания комплексных удобрений для основного внесения, некорневых подкормок и регуляторов роста оказало

положительное влияние на продуктивность культуры и были экономически выгодными.

Экономическая оценка применения удобрений и регуляторов роста проводилась на основе соизмерения таких показателей, как прибыль, себестоимость получаемой продукции, рентабельность производства.

Расчет производственных затрат по возделыванию картофеля производился с учетом затрат на оплату труда, семена, ГСМ, электроэнергию и других статей затрат, включаемых в себестоимость продукции растениеводства. Расчеты произведены исходя из среднего значения показателя урожайности картофеля за 2020–2022 гг. согласно ценам 2022 г.

Производственные затраты по вариантам опытов с применением удобрений и регуляторов роста у сорта Вектар колебались в пределах 2321,84–3924,92 USD/га (табл. 2).

В варианте с применением азотных и фосфорных удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>68</sub>) в среднем за 2020–2022 гг. исследований при урожайности картофеля (27,1 т/га), была получена прибыль (984,36 USD/га) и рентабельность (42,40 %). В этом варианте производственные затраты составили (2321,84 USD/га). Внесение калийных удобрений (K<sub>135</sub>) в форме хлористого калия на фоне N<sub>90</sub>P<sub>68</sub> повышало прибыль на 556,26 USD/га и рентабельность на 20,83 %, соответственно.

Более высокая стоимость комплексного ОМУ бесхлорного, чем хлорсодержащего АФК удобрения, увеличивало затраты на применение удобрений и показатели экономической эффективности при использовании этого удобрения по сравнению с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах были ниже. Применение бесхлорного органоминерального гранулированного удобрения (ОМУ) обеспечивало прибыль (918,48 USD/га) с рентабельностью (23,40 %).

Таблица 2. – Экономическая эффективность среднепозднего картофеля сорта Вектар при различных системах удобрения (среднее за 2020–2022 гг.)

| Вариант опыта   | Показатели        |                             |                                  |                      |                 |                   |
|---|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
|   | Урожайность, т/га | Стоимость продукции, USD/га | Производственные затраты, USD/га | Себестоимость, USD/т | Прибыль, USD/га | Рентабельность, % |
| 1. Без удобрений  | 21,6              | 2635,20                     | 2118,46                          | 98,08                | 516,74          | 24,39             |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>68</sub>  | 27,1              | 3306,20                     | 2321,84                          | 85,68                | 984,36          | 42,40             |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>68</sub> K <sub>135</sub> – <b>Фон 1</b>            | 32,6              | 3977,20                     | 2436,58                          | 74,74                | 1540,62         | 63,23             |
| 4. N <sub>90</sub> P <sub>68</sub> K <sub>135</sub><br>(АФК – хлорсодержащее) | 38,9              | 4745,80                     | 2664,59                          | 68,50                | 2081,21         | 78,11             |
| 5. ОМУ – бесхлорное + N <sub>39</sub> K <sub>58</sub> (по НРК экв. вар. 3)    | 39,7              | 4843,40                     | 3924,92                          | 98,86                | 918,48          | 23,40             |
| 6. N <sub>120</sub> P <sub>70</sub> K <sub>130</sub> – <b>Фон 2</b>           | 35,6              | 4343,20                     | 2498,00                          | 70,17                | 1845,20         | 73,87             |

|  |      |         |         |       |         |       |
|--|------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 7. Фон 2 + МикроСтим В, Су   | 39,6 | 4831,20 | 2579,62 | 65,14 | 2251,58 | 87,28 |
| 8. Фон 2 + Нутривант плюс  | 39,9 | 4867,80 | 2665,15 | 66,80 | 2202,65 | 82,65 |
| 9. Фон 2 + Экосил  | 39,0 | 4758,00 | 2610,33 | 66,93 | 2147,67 | 82,28 |
| 10. N <sub>130</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> + Нутривант плюс | 41,8 | 5099,60 | 2722,15 | 65,12 | 2377,45 | 87,34 |
| 11. Фон 1 + Навоз 40 т/га  | 40,4 | 4928,80 | 2697,62 | 66,77 | 2231,18 | 82,71 |

Внесение до посадки хлорсодержащего АФК удобрения повышало прибыль на 540,59 USD/га и рентабельность на 14,88 % по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N<sub>90</sub>P<sub>68</sub>K<sub>135</sub>) в форме стандартных удобрений. А в сравнении его с применением ОМУ бесхлорного снижало производственные затраты на 1260,33 USD/га и увеличивало прибыль и рентабельность на 1162,52 USD/га и 54,71 %, соответственно.

Обработка растений картофеля комплексным удобрением Нутривант плюс и регулятором роста Экосил на фоне N<sub>120</sub>P<sub>70</sub>K<sub>130</sub> повышали прибыль на (357,45 и 302,47 USD/га), а рентабельность при этом составила (82,65 и 82,28 %), соответственно.

Максимальная прибыль 2377,45 USD/га при рентабельности 87,34 % в среднем за три года исследований (2014–2016 гг.) у сорта Вектар были получены при применении Нутриванта плюс на фоне повышенных доз удобрений N<sub>130</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>.

При использовании некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим В, Су на фоне N<sub>120</sub>P<sub>70</sub>K<sub>130</sub> рентабельность также была высокой и составила 87,28 %.

Более высокая стоимость комплексного ОМУ бесхлорного, чем хлорсодержащего АФК удобрения, увеличивало затраты на применение удобрений и показатели экономической эффективности при использовании этого удобрения по сравнению с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах были ниже. Внесение до посадки хлорсодержащего АФК удобрения повышало прибыль на 540,59 USD/га и рентабельность на 14,88 % по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N<sub>90</sub>P<sub>68</sub>K<sub>135</sub>) в форме стандартных удобрений.

Максимальная прибыль 2377,45 USD/га при рентабельности 87,34 % в среднем за три года исследований (2020–2022 гг.) у сорта Вектар были получены при применении Нутриванта плюс на фоне повышенных доз удобрений N<sub>130</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>.

### Список литературы

1. Система применения удобрений: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «агрохимия и почвоведение», «Защита растений и карантин» / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапы Гродно: ГГАУ, 2011. 418 с.
2. Агрохимия и система применения удобрений : учебно-методическое пособие / С.Ф. Шекунова [и др.]; под. ред. И.Р. Вильдфлуша. Горки: БГСХА, 2016. 258 с.

3. Семененко, Н.Н. Совершенствование системы применения удобрений – важнейшее условие повышения эффективности земледелия / Н.Н. Семененко // Земляробства і ахова раслін. 2007. № 2. С. 11–13.
4. Федотова, Л.С. Система удобрения картофеля должна быть научно обоснованной / Л.С. Федотова, Г.И. Филипова // Картофель и овощи. 2010. № 5. С. 10.
5. Вильдфлуш, И.Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. Горки : БГСХА, 2021. 161 с.
6. Горбылева, А.И. Эффективность сочетания макро- и микроэлементов в системе удобрения / А.И. Горбылева, Н.М. Горелько, Е.А. Филинкова // Использование микроудобрений в условиях интенсивного земледелия Западного региона : науч.-практ. конф., Рига, 10–11 нояб. 1988 г. : тез. докл. / Латв. респ. проект.-изыскат. ст. химизации сел. хоз-ва. Рига, 1988. С. 21–29.
7. Рациональное применение удобрений: пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. Горки: БГСХА, 2002. 324 с.
8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.] ; под ред. В.В. Лапа. Минск: Беларус. наука, 2007. 390 с.