

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность и продуктивность среднепозднего картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

И. Р. Вильдфлуш, доктор с.-х. наук, Е. Л. Ионас, кандидат с.-х. наук
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
А. Р. Цыганов, академик НАН Беларуси, доктор с.-х. наук
Белорусский государственный технологический университет

(Дата поступления статьи в редакцию 11.11.2020 г.)

Существенно повысить урожайность и снизить затраты на удобрения можно за счет оптимизации минерального питания растений, совместного применения макро-, микроэлементов и регуляторов роста. Некорневые подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с нормой расхода 2,0 кг/га с трехкратной обработкой в среднем за 2014–2016 гг. исследований в период цветения – увядание ботвы среднепозднего сорта Вектар увеличивали фотосинтетический потенциал до 0,810 млн $m^2/га$ в сутки, а чистая продуктивность фотосинтеза снижалась более медленными темпами в отличие от других вариантов. Все это способствовало получению максимальной урожайности клубней картофеля в данном варианте (41,8 т/га).

Введение

Картофель занимает одну из лидирующих позиций в продуктивном рационе населения Республики Беларусь, что в свою очередь определяет необходимость масштабного возделывания данной культуры [1].

Для создания оптимальных условий роста и развития растений картофеля необходимо внедрять технологии выращивания, основанные на последних достижениях науки и производственной практики. Внесение удобрений под эту культуру является необходимым условием получения высокой урожайности и качества клубней [2].

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 [3].

Одним из путей решения этой задачи является использование новых перспективных форм удобрений, в состав которых входят не только основные элементы питания, но и необходимый набор микроэлементов [4].

Целью наших исследований было усовершенствовать систему удобрения для среднепозднего сорта картофеля Вектар на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси, обеспечивающую высокую продуктивность с применением новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок и комплексных препаратов на основе удобрений и регуляторов роста.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в полевых опытах на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской

It is possible to increase significantly the yield and reduce the cost of fertilizers by optimizing the mineral nutrition of plants, the combined use of macro-, micro nutrient elements and growth regulators. On average over 3 year research (2014–2016) foliar fertilizing with the application of Nutrivant plus against the background of higher doses of $N_{130}P_{90}K_{150}$ with a consumption rate 2,0 kg/ha and triple cultivation of medium-late Vektar variety during the period of flowering-wilting increased photosynthetic potential up to 0,810 million m^2/ha day, and the net photosynthesis productivity decreased at a slower rate than in other option. All this contributed to the high yield of potato tubers in this embodiment (41,8 t/ha) option.

государственной сельскохозяйственной академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В качестве объекта исследований выступал среднепоздний сорт картофеля Вектар.

Почва опытного участка по годам исследований имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и слабокислую реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 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).

Предшественником картофеля были зерновые культуры. Общая площадь делянки – 25,2 m^2 , учетной – 16,8 m^2 , повторность в опыте – четырёхкратная. Густота посадки – 47,6 тыс. клубней на 1 га. Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области.

Весной согласно схеме опыта вносили навоз КРС в дозе 40 т/га с содержанием по годам исследований: N – 0,48–0,52 %, P_2O_5 – 0,20–0,22 %, K_2O – 0,55–0,59 %. Под культивацию использовали стандартные формы минеральных удобрений, а также новые формы комплексных удобрений для основного внесения в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию ($N_{90}P_{68}K_{135}$).

В опытах применяли карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P_2O_5), хлористый калий (60 % K_2O). Из комплексных удобрений для основного внесения использовали азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение марки N: P: K (16:12:24) с содержанием 0,12 % V, 0,15 % Cu и 4,0 % S, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение (ОМУ) для

картофеля с содержанием макро- и микроэлементов (N – 6,0 %, P₂O₅ – 8,0 %, K₂O – 9,0 %, MgO – 2,0 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,10 %, Cu – 0,01 %, B – 0,025 %, массовая доля гуминовых соединений – 2,0 %), производимое в России. Органическое бесхлорное гранулированное удобрение выравняли в эквивалентных дозах по NPK варианту 3, где применялись стандартные формы минеральных удобрений, путем добавления карбамида и сернокислого калия.

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное водорастворимое удобрение Нутривант плюс (картофельный), содержащее N₀ + P₄₃ + K₂₈ + Mg₂ + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2} + прилипатель Фертивант, которое вносили по вегетирующим растениям сорта Вектар по 2,0 кг/га в фазе смыкания ботвы, в фазе бутонизации и в фазе цветения.

Белорусское жидкое комплексное удобрение МикроСтим В, Си, включающее N – 65 г/л, B – 40 г/л, Си – 40 г/л, гуминовые вещества – 0,6–6,0 мг/л, применяли в опытах в дозе 1,3 л/га в фазе начала бутонизации. Регулятор роста Экосил в норме расхода 200 мл/га вносили в начале цветения; при массовом цветении; через 7 дней после последней обработки.

Площадь листьев картофеля определяли по методике Н. Ф. Коняева [5]; фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза – по общепринятым методикам [6, 7]. При этом чистую продуктивность фотосинтеза устанавливали по надземной биомассе растений картофеля без учета клубней. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [8].

Результаты исследований и их обсуждение

Продуктивность растений картофеля в основном зависит от эффективности работы фотосинтетического аппарата. Удобрения являются главным средством, с помощью которого можно регулировать размер листовой поверхности и таким образом влиять на уровень урожайности.

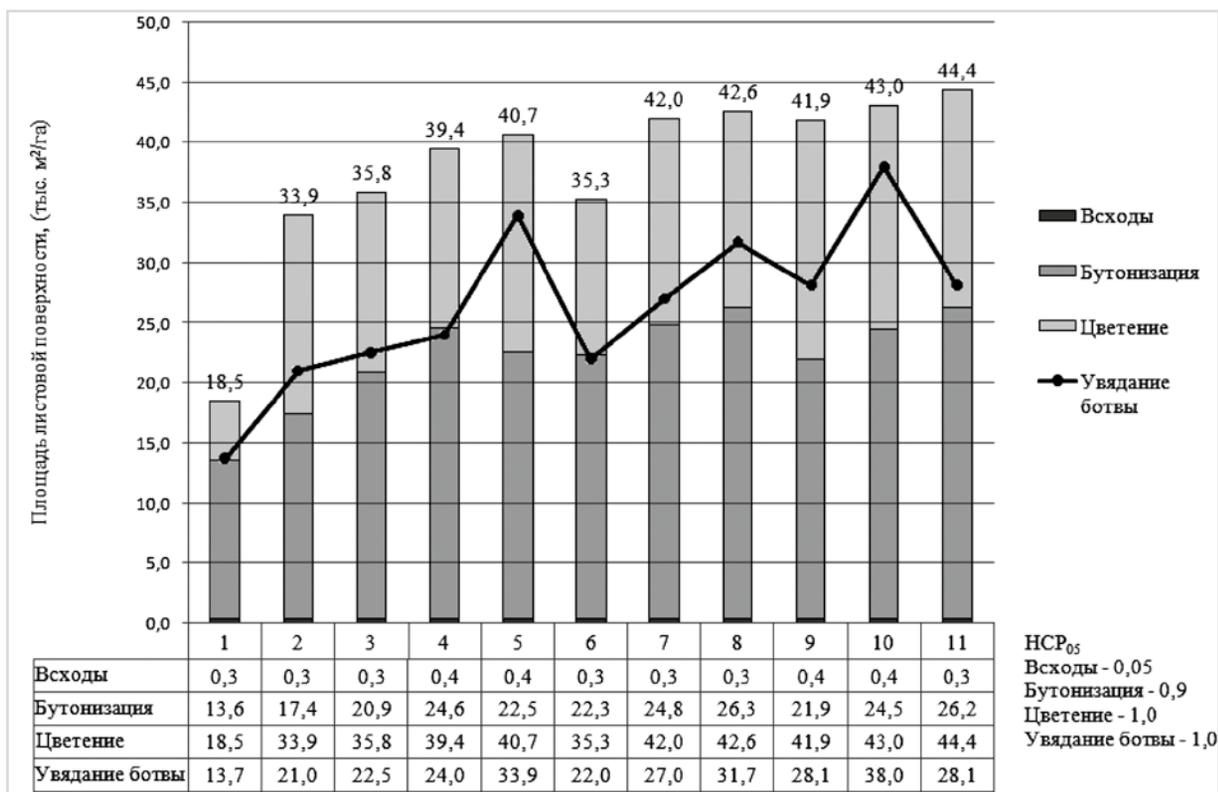
Наименьшая площадь листовой поверхности по фазам развития картофеля сорта Вектар в среднем за 2014–2016 гг. была в контрольном варианте (рисунок 1).

Наибольшая площадь листьев в фазе цветения зафиксирована в вариантах с применением некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ (43,0 тыс. м²/га), а также с внесением 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ (44,4 тыс. м²/га).

При использовании Нутриванта плюс и МикроСтива В, Си на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ площадь листовой поверхности составляла 42,6 и 42,0 тыс. м²/га.

Внесение до посадки ОМУ бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения по действию на размер ассимиляционной поверхности листьев было равнозначным – 40,7 и 39,4 тыс. м²/га.

Проведенный нами анализ парной корреляционно-регрессионной зависимости урожайности (y) клубней картофеля сорта Вектар от площади листовой поверхности (x) в среднем за три года исследований (2014–2016 гг.) в фазе цветения показал, что между этими показателями наблюдается тесная взаимосвязь, которая описывается уравнением регрессии вида $y = 4,8264 + 0,8218 \times x$, с коэффициентом корреляции (r), равным 0,94.



Примечание – 1. Без удобрений; 2. N₉₀P₆₈; 3. N₉₀P₆₈K₁₃₅ – фон 1; 4. N₉₀P₆₈K₁₃₅ (АФК – хлорсодержащее); 5. ОМУ – бесхлорное + N₃₉K₅₈ (по NPK экв. варианту 3); 6. N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ – фон 2; 7. Фон 2 + МикроСтим В, Си; 8. Фон 2 + Нутривант плюс; 9. Фон 2 + Экосил; 10. N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ + Нутривант плюс; 11. Фон 1 + навоз, 40 т/га.

Рисунок 1 – Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на динамику нарастания площади листовой поверхности картофеля сорта Вектар (среднее, 2014–2016 гг.)

В фазе увядания ботвы, в среднем за три года исследований, у сорта Вектар наименьшие темпы снижения площади листьев были с некорневой подкормкой Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ (38,0 тыс. m^2/ga), что обеспечило получение урожайности картофеля 41,8 т/га.

Внесение комплексного ОМУ бесхлорного способствовало наименьшему темпу снижения площади листовой поверхности по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 11,4 тыс. m^2/ga .

Проведенный нами анализ парной корреляционно-регрессионной зависимости урожайности (y) клубней картофеля сорта Вектар от площади листовой поверхности (x) в среднем за три года исследований (2014–2016 гг.) в фазе увядания ботвы показал, что между этими показателями наблюдается тесная взаимосвязь с коэффициентом корреляции 0,85 и уравнением регрессии $y = 14,6495 + 0,8105 \times x$.

Для более полного суждения об интенсивности роста площади листьев и их работе по созданию конечного урожая картофеля мы проанализировали такие важные показатели, как фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза в зависимости от применения новых форм комплексных удобрений и регуляторов роста.

У среднепозднего сорта Вектар фотосинтетический потенциал листовой поверхности максимальных значений достигал также к периоду цветения – увядание ботвы. В среднем за 2014–2016 гг. в варианте без применения удобрений он достиг 0,322 млн m^2/ga в сутки.

Новые формы комплексных удобрений и регуляторы роста способствовали увеличению фотосинтетического потенциала посадок картофеля сорта Вектар (рисунок 2).

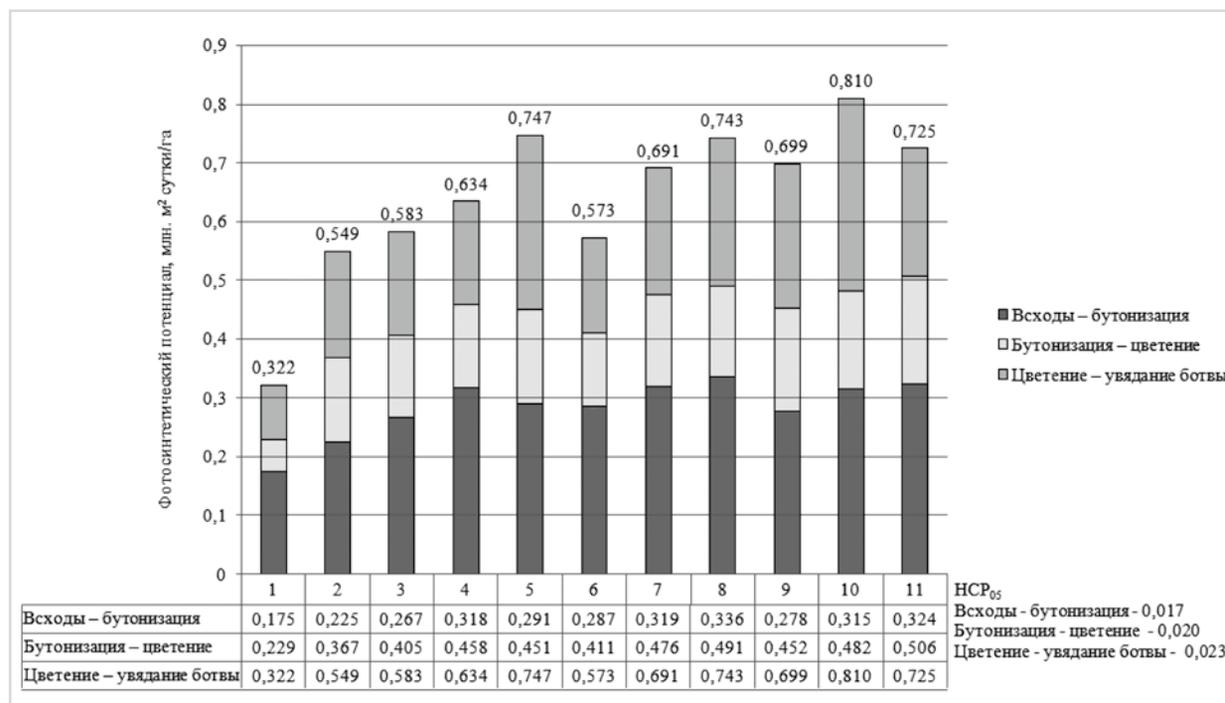
Внесение до посадки ОМУ бесхлорного к периоду цветения – увядание ботвы повышало фотосинтетический потенциал растений картофеля по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 0,164 млн m^2/ga в сутки.

При применении хлорсодержащего АФК удобрения фотосинтетический потенциал листовой поверхности увеличивался по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены стандартные удобрения, только на 0,051 млн m^2/ga в сутки.

При использовании некорневых подкормок в среднем за три года более высокий фотосинтетический потенциал отмечен в варианте с Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ (0,810 млн m^2/ga в сутки), что в итоге положительно сказалось и на продуктивности картофеля сорта Вектар. Несколько ниже он был в вариантах с использованием комплексного удобрения Нутривант плюс, микроудобрения МикроСтим В, Си и регулятора роста Экосил на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, превышая фон на 0,170; 0,118 и 0,126 млн m^2/ga в сутки соответственно.

В среднем за 2014–2016 гг., проведенный парный корреляционно-регрессионный анализ показал тесную взаимосвязь ($r = 0,94$) урожайности (y) клубней картофеля сорта Вектар от фотосинтетического потенциала (x) в период цветения – увядание ботвы, которая описывается уравнением $y = 7,2477 + 44,7252 \times x$.

Результаты исследований показали, что интенсивное развитие ассимиляционной поверхности листьев в начале вегетации растений картофеля сорта Вектар способствовало суточному увеличению чистой продуктивности фотосинтеза. В среднем за три года, в варианте без применения удобрений она составила 8,22 г/ m^2 в сутки. Применение удобрений повышало чистую про-



Примечание – 1. Без удобрений; 2. $N_{90}P_{68}$; 3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ – фон 1; 4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее); 5. ОМУ – бесхлорное + $N_{39}K_{58}$ (по NPK экв. варианту 3); 6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ – фон 2; 7. Фон 2 + МикроСтим В, Си; 8. Фон 2 + Нутривант плюс; 9. Фон 2 + Экосил; 10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс; 11. Фон 1 + навоз, 40 т/га.

Рисунок 2 – Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал картофеля сорта Вектар (среднее, 2014–2016 гг.)

дуктивность фотосинтеза в данном периоде с 8,65 до 13,02 г/м² в сутки (рисунок 3).

Наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза зафиксирована в вариантах с некорневой подкормкой Нутривантом плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ и с внесением 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅, превышая фон на 2,68 и 3,30 г/м² в сутки соответственно. При внесении хлорсодержащего АФК удобрения чистая продуктивность фотосинтеза составила 10,35 г/м² в сутки, что было выше на 0,86 г/м² в сутки по сравнению с ОМУ бесхлорным удобрением.

С периода бутонизация – цветение в вариантах с применением как стандартных, так и новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста наблюдалось снижение чистой продуктивности фотосинтеза по отношению к контролю. Чистая продуктивность фотосинтеза у сорта Вектар при применении регулятора роста Экосил и микроудобрения МикроСтим В, Си на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ возрастала на 1,74 и 1,12 г/м² в сутки. Использование Нутриванта плюс на фоне повышенных доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ по сравнению с его использованием на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ увеличивало продуктивность фотосинтеза на 0,95 г/м² в сутки. Внесение 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ снижало чистую продуктивность фотосинтеза к фону на 0,53 г/м² в сутки.

В период цветение – увядание ботвы по мере старения листьев чистая продуктивность фотосинтеза у сорта Вектар принимала отрицательное значение во всех вариантах опыта. Более быстро это происходило в контрольном варианте (без удобрений). Применение Нутриванта плюс на фоне повышенных доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀, а также внесение ОМУ бесхлорного в среднем за три года исследований обеспечило более медленное отмирание листьев растений картофеля. Это способствовало повышению урожайности в этих вариантах опыта.

Максимальная продуктивность картофеля (41,8 т/га) в среднем за три года исследований была получена у сорта Вектар от некорневой подкормки Нутривантом

плюс на фоне более высоких доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ (таблица).

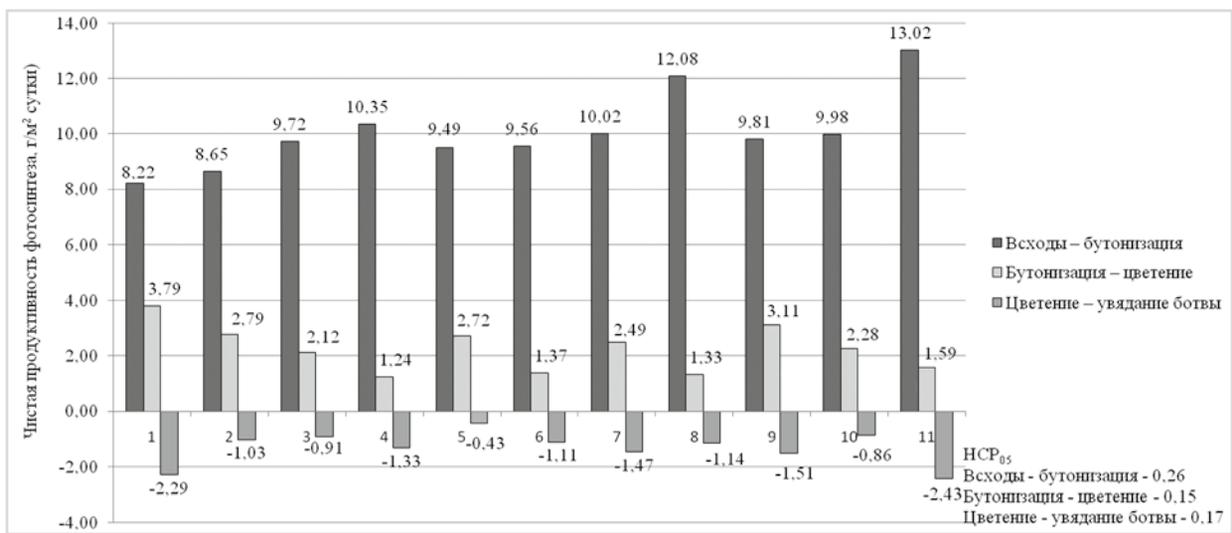
Внесение до посадки ОМУ бесхлорного удобрения и АФК хлорсодержащего по действию на урожайность сорта Вектар было равнозначным и повышало урожайность клубней по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N₉₀P₆₈K₁₃₅) в форме стандартных удобрений, на 7,1 т/га (с 32,6 до 39,7) и 6,3 т/га (с 32,6 до 38,9) при наибольшей окупаемости 1 кг NPK кг клубней – 62 и 59 кг соответственно. При использовании удобрений Нутривант плюс, МикроСтим В, Си и регулятора роста Экосил на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ прибавка урожая картофеля к фону составила 4,3 т/га, 4,0 и 3,4 т/га.

Заключение

При использовании для некорневой подкормки Нутриванта плюс на фоне более высоких доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ с нормой расхода 2,0 кг/га с трехкратной обработкой в среднем за три года исследований у среднепозднего сорта Вектар в период цветение – увядание ботвы увеличивался фотосинтетический потенциал до 0,810 млн м²/га в сутки, а чистая продуктивность фотосинтеза снижалась более медленными темпами в отличие от других вариантов. Все это способствовало получению высокой урожайности картофеля в данном варианте (41,8 т/га).

Литература

1. Линия по вакуумированию картофеля и топинамбура / З. В. Ловкис [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. – Минск: РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2016. – Т. 24. – С. 254–261.
2. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
3. Повышение урожайности раннеспелого сорта картофеля при комплексном применении агротехнологических факторов выращивания / Ю. Р. Ильчук [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. – Минск: РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2018. – Т. 26. – С. 214–220.



Примечание – 1. Без удобрений; 2. N₉₀P₆₈; 3. N₉₀P₆₈K₁₃₅
Фон – 1; 4. N₉₀P₆₈K₁₃₅ (АФК – хлорсодержащее); 5. ОМУ – бесхлорное + N₃₀K₅₈ (по NPK экв. варианту 3); 6. N₁₂₀P₇₀K₁₃₀
Фон – 2; 7. Фон 2 + МикроСтим В, Си; 8. Фон 2 + Нутривант плюс; 9. Фон 2 + Экосил; 10. N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ + Нутривант плюс;
 11. Фон 1 + Навоз 40 т/га.

Рисунок 3 – Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на чистую продуктивность фотосинтеза картофеля сорта Вектар (среднее, 2014–2016 гг.)

Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на урожайность картофеля сорта Вектар

Вариант	Урожайность, т/га клубней				Прибавка урожая, т/га		Окупаемость 1 кг д. в. НРК, кг клубней
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее	к контролю	к фону	
1. Без удобрений	21,3	22,8	20,6	21,6	–	–	–
2. N ₉₀ P ₆₈	25,3	28,8	27,3	27,1	5,5	–	35
3. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ – фон 1	31,0	35,1	31,8	32,6	11,0	–	38
4. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АФК – хлорсодержащее)	33,2	43,2	40,3	38,9	17,3	–	59
5. ОМУ – бесхлорное + N ₃₉ K ₅₈ (по НРК экв. варианту 3)	34,5	43,6	40,9	39,7	18,1	–	62
6. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₃₀ – фон 2	27,0	43,1	36,7	35,6	14,0	–	44
7. Фон 2 + МикроСтим В, Си	28,9	47,9	41,9	39,6	18,0	4,0	56
8. Фон 2 + Нутривант плюс	30,5	48,7	40,6	39,9	18,3	4,3	57
9. Фон 2 + Экосил	28,4	48,3	40,2	39,0	17,4	3,4	54
10. N ₁₃₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Нутривант плюс	33,3	49,5	42,6	41,8	20,2	–	55
11. Фон 1 + навоз, 40 т/га	40,2	44,3	36,6	40,4	18,8	7,8	–
НСР ₀₅	1,6	2,4	2,3	1,2	–	–	–

4. Семенченко, О. Л. Вплив доз і способів внесення мінеральних добрив на врожайність картоплі ранньої / О. Л. Семенченко, А. С. Даніліна // Бюл. Інституту сільського господарства степової зони. – 2012. – № 3. – С. 78–80.
5. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В. В. Церлинг. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
6. Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 12 с.
7. Тарасенко, С. А. Практикум по физиологии и биохимии растений: практ. пособие / С. А. Тарасенко, Е. И. Дорошкевич. – Гродно: Облиздат, 1996. – 122 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М.: Колос, 1985. – 416 с.

УДК 632.95:633.15

Эффективность выращивания кукурузы при комплексной обработке семян протравителями

Н. Ф. Надточаев, кандидат с.-х. наук,
Г. Н. Куркина, научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 08.01.2021 г.)

Представлены результаты трехлетних исследований по влиянию предпосевной защиты семян от вредителей и болезней на их всхожесть, выживаемость растений и урожайность кукурузы. Выявлено, что инсектицидные протравители Табу, ВСК (имдаклоприд, 500 г/л), 6 л/т и Пончо, КС (клоотианидин, 600 г/л), 7 л/т показывают более высокую биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность, чем Леатрин, КС (ацетамиприд, 300 г/л), 6,3 л/т и Табу супер, СК (имдаклоприд, 400 г/л + фипронил, 100 г/л), 6 л/т, а фунгицидный протравитель Максим XL, СК (флудиоксонил, 25 г/л + мепеноксам, 10 г/л), 1 л/т, чем Вершина, КС (тебуконазол, 30 г/л + азоксистробин, 22 г/л), 1 л/т и Виал-ТТ, ВСК (тебуконазол, 60 г/л + тиабендазол, 80 г/л), 0,5 л/т.

Введение

В Беларуси наиболее опасными почвообитающими вредителями являются проволочники – личинки жуков щелкунов. Вредителями заселено 89 % посевных площадей республики со средней численностью 15–30 экз./м²,

The results of three years of research on the effect of pre-sowing protection of seeds from pests and diseases on their germination ability, plant survival and yield of corn are presented. It has been revealed that the insecticide disinfectants Tabu, WSC (imidacloprid, 500 g/l), 6 l/t and Poncho, SC (clothianidin, 600 g/l), 7 l/t show higher biological and economic efficiencies than Leatrin, SC (acetamiprid, 300 g/l), 6,3 l/t and Tabu super, SC (imidacloprid, 400 g/l + fipronil, 100 g/l), 6 l/t, and the fungicide disinfectant Maxim XL, SC (fludioxonil, 25 g/l + mefenoxam, 10 g/l), 1 l/t than Vershina, SC (tebuconazole, 30 g/l + azoxystrobin, 22 g/l), 1 l/t, and Vial-TT, WSC (tebuconazole, 60 g/l + thiabendazole, 80 g/l), 0,5 l/t.

в очагах – 40–50 экз./м² и более. Основными резерваторами фитофагов являются посевы многолетних трав и запыреенные поля [1]. Практически нет растений, которые в той или иной степени не повреждались бы проволочниками, однако кукурузе они наносят наибольший вред. Кукурузу