

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:633

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г.В. Пироговская¹, В.В. Лапа¹, Д.В. Черняков², Н.Н. Ермакович²

¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь

²ОАО «Гомельский химический завод»,
г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Опыт мирового и отечественного земледелия показывает, что рациональное ведение сельскохозяйственного производства возможно только с применением минеральных и органических удобрений, а страны, применяющие более 120 кг/га д.в. удобрений, в достаточной степени обеспечивают свое население продуктами питания [1].

В последние годы в мировой практике идет реформирование рынка минеральных удобрений. К 2021 г. прогнозируется общий объем выпуска минеральных удобрений на уровне 199 млн т питательных веществ. Ожидается ежегодный рост спроса на удобрения: калийные – 2,1 %, фосфорные – 1,5 %, азотные – 1,2 %, при значительном росте производственных мощностей. С 2012 по 2016 гг. производство минеральных удобрений в странах ЕАЭС увеличилось на 19 % и общий объем их выпуска составил 28 млн т д.в., при этом наиболее активно увеличился выпуск калийных удобрений и в меньшей степени – фосфорных. В Российской Федерации было произведено в 2013 году 18,3 млн т д.в. минеральных удобрений, в том числе 8,2 млн т азотных, 3,1 млн т фосфорных и 7,0 млн т калийных, в 2016 г. 20,56 млн т д.в. минеральных удобрений, в том числе 9,4 млн т азотных, 3,48 млн т фосфорных и 7,68 млн т калийных [1 –2].

Производство удобрений в Беларуси за 2012 –2016 гг. выросло на 23 %, достигнув 7,2 млн т д.в., также за счет повышения в основном выпуска калийных удобрений. Структура производства минеральных удобрений в Беларуси – азотные, фосфорные, калийные и комплексные. К концу 2020 года планируется внесение не менее 1,7 млн т д.в. минеральных удобрений, из них 0,7 млн т – азотных, 0,3 млн т – фосфорных и 0,7 млн т калийных удобрений. Соотношение N:P:K в Беларуси составляет 1:0,3:1,3 (2016 г.). Для сравнения, это соотношение в России равно 1:0,4:0,2, в Германии – 1:0,2:0,3. Соотношение элементов питания в комплексных удобрениях различное и зависит от возделываемой сельскохозяйственной культуры [3].

В последние годы во многих странах мира получен широкий спектр новых форм твердых и жидких комплексных удобрений, в состав которых вводятся различные модифицирующие добавки, в том числе микроэлементы (в сульфатной и хелатной форме), а также регуляторы роста растений, пестициды и др. добавки [2, 4–12].

Основные преимущества применения комплексных удобрений, по сравнению со стандартными туками, заключаются в обеспечении сбалансированного соотношения элементов питания под культуры. Экономическая эффективность их основана на сокращении времени и материальных затрат на внесение, при этом обеспечивается более равномерное распределение их по полю, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества продукции.

В настоящее время производство комплексных, или сложно-смешанных удобрений, осуществляется различными компаниями (Группа «Акрон» – ОАО «Акрон», ОАО «Дорогобуж», ОАО «Минудобрения», Группа «ФосАгро»; Холдинг «УралХим» – ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», ОАО «Кирово-Чепецкий ХК»; МХК «Еврохим» – ОАО «Невиномысский Азот» (Россия); ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Беларуськалий» (Беларусь), «Арви» (Литва), «Police» (Польша), «Сумыхимпром» (Украина) и др.

В мире имеется также большой спектр жидких и гранулированных водорастворимых комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, или одни микроэлементы в хелатной форме, применяемых в качестве некорневых подкормок по вегетирующим растениям. Например, Интермаг-ЗЕРНОВЫЕ, Интермаг-Картофель, Интермаг-Пастбища, Валагро-Плантафол, Мастер, Брексил Са, Мегафон, Вива, Басфолиар 34, Басфолиар 36 Экстра и др. Микроэлементы в этих удобрениях в хелатной форме, что способствует хорошему усвоению их растениями [13–17].

Цель исследований – разработка, промышленное освоение и установление влияния новых форм комплексных (твердых и жидких) удобрений (при основном внесении и в подкормки) на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований: новые формы комплексных удобрений (NPK) с модифицирующими добавками для основного внесения в почву и в подкормки под основные сельскохозяйственные культуры (озимые и яровые зерновые культуры, картофель и овощные культуры (морковь, столовая свекла, капуста) и др.); комплексные удобрения без добавок; смеси стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

В качестве биологически активных веществ в составе удобрений использовали различные препараты, в том числе: регуляторы роста растений на основе торфа (гидрогумат), растительного сырья (феномелан); фитогормоны, относящиеся к классу гормонов растений брассиностероиды (эпин), стимулятор роста растений тубелак и средство защиты растений туберит.

Эффективность новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками при возделывании сельскохозяйственных культур в Беларуси изучалась

в полевых и производственных опытах (2006–2017 гг.) на дерново-подзолистых легкосуглинистых, развивающихся на мощных лессовидных суглинках почвах (СПК «Щемяслица» и ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области), на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых с глубины 0,35 м рыхлыми песками почвах (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» и ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области), с овощными культурами – на дерново-подзолистых легкосуглинистых, развивающихся на мощных лессовидных суглинках (РУП «Институт овощеводства» Минского района Минской области) и на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых рыхлыми песками (КФХ «Горизонт» Мостовского района Гродненской области). Испытания новых форм удобрений проводили на почвах с индексом агрохимической окультуренности от 0,76 до 0,97.

Площадь участков в полевых опытах составляла 18–32 м², учетная – 10–24 м², повторность – 4-кратная, в производственных – от 2 до 20 га, повторность – 2–3-кратная.

Методы исследований: лабораторный, полевой, аналитический.

Закладку и проведение полевых и производственных опытов проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов [18].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием программ для дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

Температура воздуха, количество атмосферных осадков приводятся по данным, полученным на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии», а также по данным Гидрометцентра (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками при возделывании сельскохозяйственных культур изучалась в Республике Беларусь на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава. Агрохимическая характеристика пахотных слоев (0–25 см) почв, на которых проводили исследования была следующая: в СПК «Щемяслица»: pH_{KCl} 5,48–5,60; P_2O_5 – 309–325 мг/кг почвы; K_2O – 150–205; Ca – 1017–1200; Mg – 128–136 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,19–2,21 %; ОАО «Гастелловское»: pH_{KCl} 5,15–5,60; P_2O_5 – 353–592 мг/кг почвы; K_2O – 238–351; Ca – 1284–2012; Mg – 128–136 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,19–2,21 %; КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» и ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского»: pH 5,39–5,41, содержание подвижных форм P_2O_5 – 280–293 и K_2O – 295–316 мг/кг почвы, Ca – 760–801; Mg – 120–155 содержание гумуса – 2,69–2,71 %; с овощными культурами: pH 5,31–6,19, содержание подвижных форм P_2O_5 – 206–214 и K_2O – 348–455 мг/кг почвы, Ca – 1043–1050; Mg – 142–160 мг/кг почвы, гумуса – 2,30–2,35 %.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались как по месяцам, так и по годам. Например, количество атмосферных осадков, температура воздуха и гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период (май–сентябрь) на объектах исследований (СПК «Щемяслица»

и ОАО «Гастелловское») были следующие: в 2006 г. выпало атмосферных осадков 446,4 мм, в 2007 г. – 278,8; в 2008 г. – 398,3; в 2009 г. – 446,5; в 2010 г. – 405,0; в 2011 г. – 332,7; в 2012 г. – 275,3; в 2013 г. – 271,5; в 2014 г. – 468,8 и в 2015 г. – 312,4 мм, при среднемноголетнем – 374,0 мм.

ГТК в 2006, 2009, 2010 и 2012 гг. характеризовался как близкий к оптимальному (ГТК = 1,81, 1,67 и 1,42, 1,33), 2007, 2011, 2013 и 2015 гг. – слабозасушливый (ГТК = 1,04, 1,20, 1,05 и 1,26), 2008 и 2014 гг. – влажный (ГТК = 2,64 и 1,88), при среднемноголетнем ГТК = 1,65.

Во все годы исследований сумма температур воздуха за май–сентябрь на объектах исследований составляла от 2373,5 °С (2008 г.) до 2710,1 °С (2010 г.) и превышала среднемноголетнее значение (2269,3 °С).

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

В Республике Беларусь учеными Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси (лабораторией новых форм удобрений и мелиорантов) совместно с другими научными учреждениями разработана целая серия новых форм комплексных удобрений для почв различного уровня плодородия, содержащих биологически активные соединения и микроэлементы, для ряда сельскохозяйственных культур (лен-долгунец и лен масличный, сахарная свекла, озимые и яровые зерновые культуры, озимый рапс, гречиха, картофель, кукуруза, бобовые и зернобобовые, овощные культуры, многолетние злаковые и бобово-злаковые травы и др.). Удобрения предназначены как для основного внесения в почву, так и для некорневых подкормок по вегетирующим растениям.

Для основного внесения в почву под различные сельскохозяйственные культуры разработано 84 марки комплексных гранулированных удобрений, содержащих азот, фосфор, калий, при необходимости, серу, натрий, магний; микроэлементы, в зависимости от потребности культуры, а также биологически активные соединения и другие модифицирующие добавки.

Для некорневых подкормок по вегетации растений разработаны удобрения жидкие комплексные (11 марок), в том числе и бесхлорные (для моркови, свеклы, капусты, картофеля, зеленых насаждений), зерновых, бобовых и зернобобовых культур, кукурузы, льна-долгунца и льна масличного.

Разработка составов удобрений проводилась с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур, далее проводилась оценка их агрохимической эффективности в полевых и производственных опытах.

На перспективные формы минеральных удобрений:

- разрабатывались технические условия;
- проводилась токсиколого-гигиеническая экспертиза;
- совместно с центральными заводскими лабораториями изготавливались опытные и опытно–промышленные партии удобрений;
- проводилось патентование заявляемых форм удобрений (на комплексные удобрения институтом получено 33 патента);
- проводилась регистрация в Госхимкомиссии, в соответствии с действующим законодательством Республики Беларусь;
- издавались рекомендации по их применению.

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Практика применения комплексных удобрений в Беларуси очень ограничена. В 2013 г. ОАО «Гомельский химический завод» поставлено потребителям Республики 27,8 тыс. т ф.в. комплексных удобрений, в том числе 14,1 тыс. т для льна и 10,1 тыс. т для сахарной свеклы, соответственно в 2014 – 16,8 и 10,7 тыс. т, в 2015 – 2,4 тыс. т для льна и 1,6 тыс. т для сахарной свеклы, в 2016–2017 гг. – около 2 % от общего потребления минеральных удобрений. В настоящее время комплексные удобрения (34 марки) поставляются в основном на экспорт (рис. 1–2).

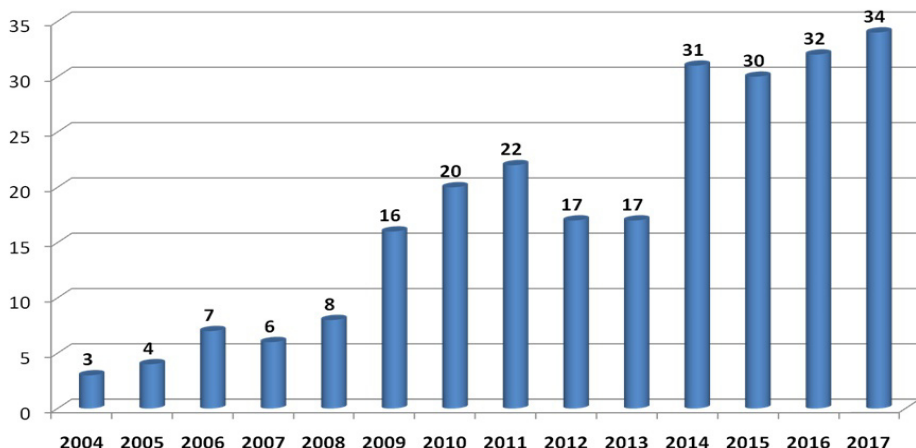


Рис. 1. Количество марок NPK удобрений, поставляемых ОАО «Гомельский химический завод» на экспорт

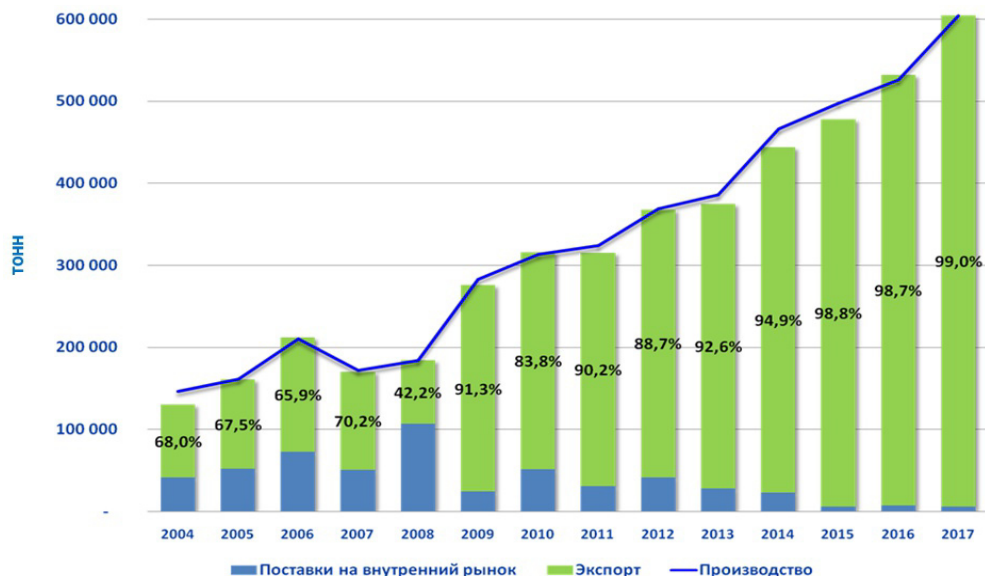


Рис. 2. Динамика производства и поставок NPK удобрений ОАО «Гомельский химический завод» на экспорт и внутренний рынок, т (%)

Вместе с тем ближайшими соседями Республики Беларусь, комплексные удобрения применяются достаточно широко и успешно. По результатам 2017 г. емкость украинского рынка АФК удобрений составила 1640 тыс. т, польские фермеры внесли порядка 1000 тыс. т, литовские – 470 тыс. т ф.в. Российскими производителями в 2017 г. поставлено комплексных удобрений на внутренний рынок 1548,6 тыс. т ф.в., в 2016–2017 гг. – 20 % удобрений, используемых для основного внесения [2]. В Украине в 2016–2017 гг. около 70 % от общих закупок минеральных удобрений составляют комплексные удобрения.

Промышленное производство новых форм комплексных удобрений для основного внесения в почву под основные сельскохозяйственные культуры осуществляется на ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «Беларуськалий», удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов для некорневых подкормок по вегетации растений – на ОАО «Гомельский химический завод» (хлорсодержащих), на ОАО «Гомельхимторг» (бесхлорных). Наиболее широко производились комплексные удобрения для льна, сахарной свеклы, озимого рапса, несколько меньше для зерновых культур (озимых и пивоваренного ячменя), кукурузы, подсолнечника, и многолетних трав. Общий объем производства и применения комплексных гранулированных удобрений для основного внесения в почву перед посевом сельскохозяйственных культур составил 483,7 тыс. т ф.в., с общим объемом продаж 112 270,1 тыс. USD, удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов, в том числе и бесхлорных – 640,4 т, с объемом продаж – 404,8 тыс. USD (рис. 3–4).

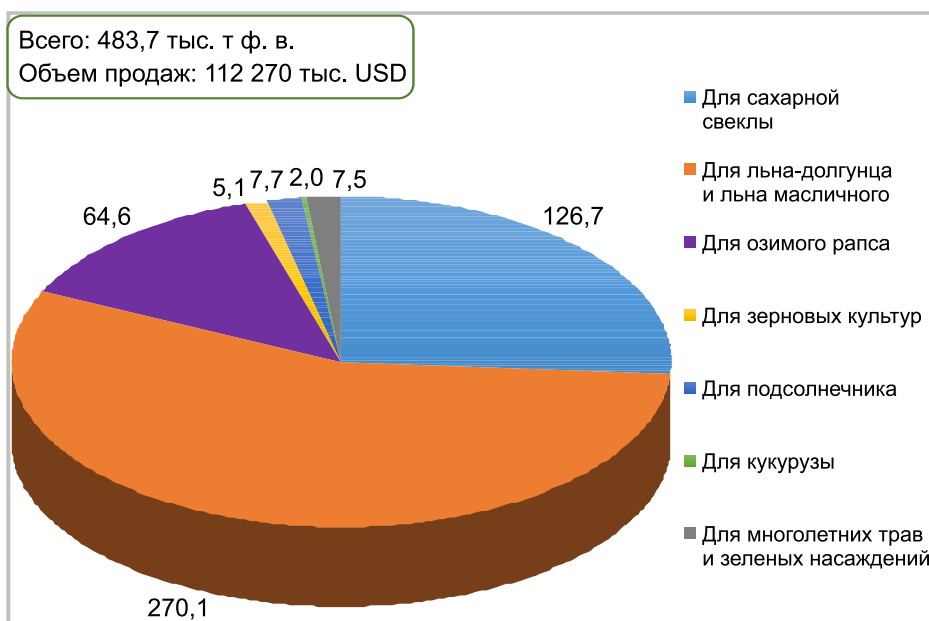


Рис. 3. Объем выпуска и продаж новых форм комплексных гранулированных удобрений с добавками микроэлементов, тыс. т ф.в. (2006–2017 гг.)



Рис. 4. Объем выпуска и продаж новых форм удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов, т (2007–2017 гг.)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Эффективность комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений рассмотрим на примере озимой и яровой пшеницы, картофеля, кукурузы и моркови.

Озимая пшеница. Применение комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений (2008–2010 гг.) на озимой пшенице сорта Саната на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве способствовало получению урожайности зерна в среднем за три года (2008–2010 гг.) – 70,1–72,0 ц/га, при урожайности с внесением комплексных удобрений без добавок – 67,7 и стандартных туков (мочевина, аммонизированный суперфосфат хлористый калий) – 66,0 ц/га. Прибавки зерна пшеницы от применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками (Cu, Mn и регулятор роста растений гидрогумат), по сравнению с аналогичным комплексным удобрением без добавок, были в пределах: в 2008 г. – от 2,4 до 7,3 ц/га, 2009 г. – 4,1–6,6 и 2010 г. – 2,9–6,8, а в среднем за три года – 3,9–5,8 ц/га. При этом следует отметить, что максимальная прибавка зерна получена при внесении комплексных удобрений, включающих как микроэлементы, так и регулятор роста растений (табл. 1).

Качество зерна озимой пшеницы оценивалось по содержанию клейковины и аминокислотному составу. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы по годам исследований было схожим, и в среднем за 2009–2010 гг., в зависимости от варианта опытов, составляло от 30,1 до 35,5 % и увеличивалось на 2,1–5,4 %, по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов
и биологически активных веществ на урожайность озимой пшеницы Саната
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Урожайность, ц/га							
	2008 г.	+/-, к ва- риан- ту 3	2009 г.	+/-, к ва- риан- ту 3	2010 г.	+/-, к ва- риан- ту 3	сред- нее	+/-, к ва- риан- ту 3
1. Контроль (без удобрений)	47,2	—	39,7	—	36,9	—	41,3	—
2. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ * (стандартные) + N ₁₁₀ **	85,1	—	67,1	—	45,8	—	66,0	—
3. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ без микроэле- ментов + N ₁₁₀ **	85,1	—	66,9	—	46,5	—	67,7	—
4. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ с Cu + N ₁₁₀ **	91,4	6,3	71,8	4,9	50,0	3,5	71,1	4,9
5. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ с Mn + N ₁₁₀ **	87,5	2,4	73,5	6,6	49,4	2,9	70,1	3,9
6. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ с Cu и Mn + N ₁₁₀ **	90,1	5,0	71,0	4,1	53,3	6,8	71,5	5,3
7. N ₂₅ P ₅₀ K ₁₁₀ с Cu+ Mn и гид- рогумат + N ₁₁₀ **	92,4	7,3	71,4	4,5	52,3	5,8	72,0	5,8
НСП ₀₅	5,41	—	4,04	—	3,47	—	2,77	—

* Основное внесение с осени.

** ($N_{70M} + N_{20} + N_{20}$) – подкормки азотом.

Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками повышало содержание клейковины на 1,7–3,3 % по сравнению со смесью стандартных удобрений и на 0,5–2,1 % по сравнению с комплексным без добавок (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов
и биологически активных веществ на содержание клейковины
в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Содержание клейковины, %			
	2009 г.	2010 г.	среднее	+/-, к варианту 1
1. Контроль (без удобрений)	33,4	26,8	30,1	—
2. $N_{25}P_{50}K_{110}$ * (стандартные) + N_{110} **	30,7	33,7	32,2	2,1
3. $N_{25}P_{50}K_{110}$ без микроэлементов + N_{110} **	31,4	35,3	33,4	3,2
4. $N_{25}P_{50}K_{110}$ с Cu + N_{110} **	33,0	34,7	33,9	3,8
5. $N_{25}P_{50}K_{110}$ с Mn + N_{110} **	34,4	34,6	34,5	4,4
6. $N_{25}P_{50}K_{110}$ с Cu и Mn + N_{110} **	35,2	35,8	35,5	5,4
7. $N_{25}P_{50}K_{110}$ с Cu+ Mn и гидрогумат + N_{110} **	34,8	33,1	34,0	3,9
НСП ₀₅	2,43	2,58	—	—

* Основное внесение с осени.

** ($N_{70M} + N_{20} + N_{20}$) – подкормки азотом.

Сумма определяемых незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин) в зерне озимой пшеницы на контрольном варианте составила 30,17 г/кг зерна, в вариантах с удобрениями – 29,94–33,40, соответственно критических (треонин, метионин, лизин) – 7,26 и 6,7–8,12 г/кг зерна. Содержание аминокислот изменялось в пределах: треонина от 2,45 до 3,31 г/кг зерна; валина – 5,23–5,75; метионина – 1,92–2,16; фенилаланина – 5,28–5,95; изолейцина – 4,20–4,73; лейцина – 7,59–8,41, лизина – 2,14–3,21 г/кг зерна. Наибольшее содержание незаменимых аминокислот (32,07–33,40 г/кг зерна) и критических (7,78–8,12 г/кг зерна) было в зерне в вариантах при внесении комплексного удобрения с медью и марганцем, или комплексного с медью, марганцем и регулятором роста растений, при содержании этих значений в варианте с внесением стандартных туков – 29,94 (незаменимых) и 7,46 (критических) г/кг зерна.

Яровые зерновые культуры (яровая пшеница). Исследования по изучению эффективности комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ при возделывании яровых зерновых культур (пшеница, тритикале, ячмень, овес) проводили на тех же дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых с глубины 0,35 м рыхлыми песками.

Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изменялась также по годам и вариантам опыта и составляла: в 2006 г. – 44,1–63,8 ц/га; 2007 г. – 41,8–75,7; 2010 г. – 36,3–52,1 ц/га (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов
и биологически активных веществ на урожайность зерна яровой пшеницы
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Урожайность, ц/га							
	2006 г.	+/-, к варианту 3	2007 г.	+/-, к варианту 3	2010 г.	+/-, к варианту 3	среднее	+/-, к варианту 3
1. Контроль (без удобрений)	44,1	–	41,8	–	36,3	–	40,7	–
2. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ (смесь стандартных удобрений)	55,9	–	67,4	–	46,0	–	56,4	–
3. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ без микроэлементов	60,8	–	68,1	–	47,2	–	58,7	–
4. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu	63,8	3,0	73,1	5,0	49,6	2,4	62,2	3,5
5. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu и гидрогумат	62,9	2,1	73,7	5,6	52,1	4,9	62,2	4,2
6. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu и Mn	62,9	2,1	75,7	7,6	51,4	4,2	63,3	4,6
НСП ₀₅	5,7	–	5,5	–	3,7	–	2,9	–

Соответственно, прибавки зерна от применения новых форм комплексных удобрений по сравнению с комплексным удобрением без добавок изменялись в

пределах: в 2006 г. – 2,1–3,0, 2007 г. – 5,0–7,6 и 2010 г. – 2,4–4,9 ц/га, со стандартными туками: 2006 г. – от 4,9 до 7,9 ц/га; 2007 г. – 5,7–8,3 и 2010 г. – 3,6–6,1 ц/га, а в среднем за три года – от 3,5 до 4,6 ц/га.

Содержание аминокислот в зерне яровой пшеницы Рассвет зависело, в большей степени, от года исследований, чем от форм применяемых удобрений (табл. 4).

Таблица 4

Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, г/кг зерна

Вариант	Треонин*	Валин	Метионин*	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин*	Сумма незаменимых кислот	Сумма критических кислот*
1. Контроль (без удобрений)	2,59	5,19	1,23	4,84	4,34	7,64	3,40	29,23	7,22
2. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ (смесь стандартных удобрений)	3,19	5,69	1,79	5,38	4,87	8,35	3,82	33,09	8,80
3. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ без микроэлементов	3,50	6,46	2,00	6,19	5,60	9,52	3,98	37,25	9,48
4. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu	3,67	6,52	2,03	6,20	5,64	9,58	3,84	37,48	9,54
5. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu и гидрогумат	3,73	6,46	2,01	6,18	5,61	9,65	4,20	37,84	9,94
6. N ₉₀ P ₅₅ K ₁₂₀ с Cu и Mn	3,78	6,40	2,00	6,21	5,60	9,72	4,69	38,40	10,47
НСП ₀₅	0,224	0,390	0,131	0,432	0,373	0,688	0,287	–	–

* Критические аминокислоты.

Содержание незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы распределялось следующим образом: треонина от 2,59 до 3,78 г/кг; валина – 5,19–6,52; метионина – 1,23–2,03; фенилаланина – 4,84–6,21; изолейцина – 4,34–5,64; лейцина – 7,64–9,72 и лизина – 3,40–4,69 г/кг зерна. Сумма незаменимых аминокислот находилась в пределах от 29,23 до 38,40 г/кг, критических – 7,22–10,47 г/кг зерна, в зависимости от вариантов опыта. Наибольшее содержание суммы незаменимых (38,40 г/кг) и критических (10,47 г/кг) аминокислот в зерне было при внесении комплексного удобрения NPK с Cu и Mn в дозе N₉₀P₅₅K₁₂₀. Комплексные удобрения с модифицирующими добавками способствовали увеличению содержания критических аминокислот на 0,74–1,67 г/кг зерна, по сравнению со смесью стандартных туков, и на 0,06–0,99 г/кг зерна, по сравнению с комплексным удобрением без добавок, что обеспечивало улучшение качества зерна (табл. 4).

Аналогичные закономерности отмечались и при использовании комплексных удобрений с микроэлементами и регуляторами роста растений при возделывании других яровых культур: наблюдалось увеличение урожайности зерна ячменя на

1,7–4,3 ц/га, овса – 1,8–4,2, ярового тритикале – на 2,8–3,7 ц/га, при одновременном улучшении качества зерна за счет повышения содержания белка в зерне на 0,2–0,7 %, критических аминокислот – на 1,4–3,3 г/кг, незаменимых аминокислот – на 0,21–0,62 г/кг зерна.

Картофель. Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками (NPK с B, S и Cu; NPK с B, Cu, Mn и NPK с B, S, Cu и регулятором роста растений феномелан) при возделывании картофеля сорта Бриз в дозе $N_{90}P_{55}K_{118}$ обеспечивало на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве увеличение урожайности клубней картофеля в среднем на 26–48 ц/га и окупаемости 1 кг д.в. NPK – на 9,9–18,2 кг клубней, или на 3,0–5,5 к.ед. выше по сравнению с базовым вариантом (табл. 5). Отмечалась тенденция увеличения крахмала (на 0,1–0,2 %), товарности клубней (на 0,9–1,9 %), снижение содержания нитратов (на 16,8–20,0 %), при этом содержание нитратов было более низким в варианте с NPK с B, S и регулятором роста растений феномелан (табл. 5).

Таблица 5

Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на урожайность картофеля Бриз на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

Вариант	Урожайность, ц/га						
	2008 г.	2009 г.	среднее	+/-, к варианту 2	Показатели (среднее за два года)		
					крахмал, %	нитраты, мг/кг сырого вещества	товарные клубни, %
1. Контроль (60 т/га органических удобрений) – фон	289	345	317	–	13,8	95	75,7
2. Фон + $N_{90}P_{55}K_{118}$ смесь стандартных удобрений* + некорневая подкормка в фазу бутонизации (B, Cu, Mn)** – базовый вариант	388	420	404	–	14,1	155	83,6
3. Фон + $N_{90}P_{55}K_{118}$ с B, S и Cu	416	444	430	26	14,2	129	85,5
4. Фон + $N_{90}P_{55}K_{118}$ с B, Cu, Mn	422	471	447	43	14,2	127	84,9
5. Фон + $N_{90}P_{55}K_{118}$ с B, S, Cu и феномелан	427	476	452	48	14,3	124	84,5
НСР ₀₅	10,7	21,3	16,8	–	0,29	21,6	2,79

*Смесь стандартных удобрений (сульфат аммония, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

**Микроэлементы вносились в некорневую подкормку в фазу бутонизации картофеля по 50 г/га д.в. каждого микроэлемента.

Применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях 2013–2014 гг. стандартных и новых форм комплексных удобрений в дозе $N_{90}P_{56}K_{118}$ под картофель сорта Скарб обеспечило урожайность клубней на уровне 451–514 ц/га, с прибавкой к контрольному варианту – 133–196 ц/га. Внесение в основную заправку почвы новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добав-

ками (микроэлементы и микроэлементы с регулятором роста растений гидрогумат) обеспечивало тенденцию или достоверное увеличение урожайности клубней картофеля по сравнению с использованием стандартных туков на 28–63 ц/га. При этом наиболее эффективным оказалось внесение комплексного NPK с S, B, Cu, Mn (прибавка 63 ц/га) и NPK с S, B, Cu и регулятор роста растений гидрогумат (прибавка 50 ц/га) (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние удобрений на урожайность клубней картофеля Скарб
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве
(ОАО «Гастелловское» Минского района), 2013–2014 гг.**

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK		
	2013 г.	2014 г.	среднее	к контролю	к варианту 2	2013 г.	2014 г.	среднее
1. Контроль (60 т/га органических удобрений) – фон	298	337	318	–	–	–	–	–
2. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	488	413	451	133	–	72	29	51
3. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu	537	420	479	161	28	91	31	61
4. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu и гидрогумат	554	448	501	183	50	97	42	70
5. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu, Mn	537	491	514	196	63	91	58	75
НСП ₀₅	39,3	34,9		37,2		–	–	–

Окупаемость 1 кг NPK при внесении новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками в среднем за 2013–2014 гг. находилась в пределах от 61 до 75 кг клубней картофеля, что на 10–24 кг больше по сравнению с базовым вариантом.

Качество клубней картофеля оценивалось по содержанию нитратов, крахмала и товарности клубней (табл. 7).

Таблица 7

**Влияние комплексных удобрений при основном внесении в почву на показатели
качества клубней картофеля Скарб на дерново-подзолистой легкосуглинистой
почве (ОАО «Гастелловское» Минского района), 2013–2014 гг.**

Вариант	Показатели (среднее за два года)		
	нитраты, мг/кг сырого вещества	крахмал, %	товарность, %
1. Контроль (60 т/га органических удобрений) – фон	74	14,5	75,9
2. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	98	13,2	79,5
3. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu	103	12,9	78,2
4. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu и гидрогумат	108	13,0	78,8
5. N ₉₀ P ₅₆ K ₁₁₈ с S, B, Cu, Mn	90	13,1	83,0
НСП ₀₅	6,7	0,7	5,8

Содержание нитратов в клубнях картофеля в среднем за 2013–2014 гг. при применении в опыте стандартных и новых форм комплексных удобрений составляло 90–108 мг/кг сырого вещества и не превышало предельно допустимой концентрации (ПДК – 150 мг/кг клубней). Содержание крахмала в клубнях картофеля было наибольшим в контрольном варианте – 14,5 %, при внесении удобрений его содержание снижалось на 1,3–1,6 %. При этом достоверных различий по вариантам опыта со стандартными удобрениями и новыми формами не наблюдалось. Товарность клубней в среднем за два года составляла 75,9 % на контроле и 78,2–83,0 % в вариантах с удобрениями, с тенденцией или достоверным увеличением данного показателя по отношению к контролю на 2,3–7,1 %. Применение в опыте новых форм удобрений с модифицирующими добавками в условиях 2013–2014 гг. не оказывало существенного влияния на изменение товарности клубней. Максимальный показатель товарности клубней (83,0 %) наблюдался при использовании комплексного NPK с S, B, Cu, Mn (табл. 7).

Кукуруза. Урожайность зерна кукурузы Дельфин F1 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в среднем за 2011–2013 гг. в варианте без применения удобрений составила 74 ц/га и от 104 до 129 ц/га в удобренных вариантах. При использовании комплексного удобрения без модифицирующих добавок (базовый вариант) урожайность была на уровне 104 ц/га, в вариантах с новыми формами комплексных удобрений модифицированными микроэлементами – от 114 до 129 ц/га. Следует отметить, что наибольшая урожайность зерна кукурузы наблюдалась в 2013 г. – 78 ц/га на контроле и 119–156 ц/га в удобренных вариантах, а наименьшая в 2012 г. – 61 и 75–99 ц/га соответственно (табл. 8).

Таблица 8

Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы и окупаемость минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2013 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га					Окупаемость, 1 кг удобрений (в среднем за три года)	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	сред- нее	к вари- анту 2	кг зерна	к вари- анту 2
1. Контроль (без удобрений)	82	61	78	74	–	–	–
2. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ без добавок – базовый	117	76	119	104	–	9,4	–
3. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn (0,15 %)	131	93	136	120	16	14,5	5,1
4. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn (0,20 %)	140	86	147	124	20	15,8	6,4
5. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn (0,35 %)	144	81	136	120	16	14,4	5,0
6. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn и Cu	128	98	143	123	19	15,5	6,1
7. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn, Cu, Mn	135	99	138	124	20	12,8	3,4
8. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn, Cu, Mn, B)	156	75	156	129	25	17,0	7,6
9. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn, Mn	133	76	133	114	10	12,5	3,1
10. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₁₇ с Zn, Cu и гидрогумат	145	78	155	126	22	16,2	6,8

Вариант	Урожайность зерна, ц/га					Окупаемость, 1 кг удобрений (в среднем за три года)	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	к варианту 2	кг зерна	к варианту 2
11. $N_{110+30}P_{60}K_{117}$ с Zn, Cu и туберит	132	90	139	120	16	14,2	4,8
12. $N_{110+30}P_{60}K_{117}$ с Zn, Cu и тубелак	140	88	142	123	19	15,5	6,1
13. $N_{110+30}P_{60}K_{117}$ с Zn, Mn и туберит	141	80	134	118	14	13,9	4,5
14. $N_{110+30}P_{60}K_{117}$ с Zn, Mn и тубелак	157	95	134	129	25	17,2	7,8
НСП ₀₅	12,8	10,1	10,5	9,7			

Наиболее высокоэффективными при возделывании кукурузы на зерно были удобрения комплексные NPK с Zn, Cu, Mn, B и NPK с Zn, Mn и стимулятором роста растений тубелак, с урожайностью 129 ц/га (прибавка к базовому – 25 ц/га), а также NPK с Zn, Cu и регулятором роста растений гидрогумат, с урожайностью 126 ц/га (прибавка – 22 ц/га). Окупаемость 1 кг удобрений при внесении комплексного удобрения без добавок в 2011 г. составила 10,6 кг зерна, а новых форм твердых комплексных удобрений с модифицирующими добавками – 13,9–22,7 кг зерна, с прибавкой к базовому 3,3–12,1 кг зерна; соответственно в 2012 г. – 4,9 и 3,7–12,3 кг зерна, с прибавкой 0,6–7,4 кг зерна, в 2013 г. – 12,6 и 17,0–24,2 кг зерна, а в среднем за три года – 9,4 и от новых форм удобрений 12,5–17,2 кг зерна, с прибавкой к базовому – 3,1–7,8 кг зерна (табл. 8).

Содержание протеина, сбор протеина, сбор кормовых единиц и обеспеченность протеином 1 кормовой единицы в зерне кукурузы изменялось в зависимости от вариантов опыта и находилось в пределах: на контроле в 2011 г. сбор кормовых единиц с гектара – 95,1 ц/га, содержание сырого протеина составило 10,7 %, сбор протеина – 7,6 ц/га, при содержании протеина в 1 к.ед. – 80,0 г; в 2012 г. – 82,1 к.ед. ц/га, 11,4 %, 6,0 ц/га и 73,2 г в 1 к.ед.; в 2013 г. – 104,9 ц/га к.ед., 9,4 %, 6,3 ц/га и 60,1 г. В среднем за три года (2011–2013 гг.) эти показатели были следующие: сбор кормовых единиц с гектара составил 94,0 ц/га, содержание протеина – 10,5 %, сбор протеина – 6,6 ц/га, при содержании протеина в 1 к.ед. – 71,1 г.

В варианте с использованием комплексного удобрения без модифицирующих добавок (базовый вариант) – в 2011 г. сбор к.ед. составил 156,8 ц/га, содержание протеина – 10,5 %, сбор протеина – 10,6 ц/га, обеспеченность 1 к.ед. протеином – 67,7 г; в 2012 г. – 102,0 ц/га к.ед., 10,9 %, 8,3 и 81,0 г; в 2013 г. – 158,9 ц/га к.ед., 10,1 %, 10,3 ц/га и 64,8 г. В среднем за три года сбор кормовых единиц с гектара составил 139,2 ц/га, содержание протеина – 10,5 %, сбор протеина – 9,7 ц/га, при содержании протеина в 1 к.ед. – 71,2 г.

В вариантах с применением новых форм твердых комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками в 2011 г. сбор к.ед. был в пределах от 151,4 до 183,6 ц/га, содержание протеина – 10,0–11,2 %, сбор протеина –

11,3–14,7 ц/га, при содержании протеина в 1 к.ед. – 74,4–83,3 г; в 2012 г. – 100,4–132,8 ц/га к.ед., 10,9–12,1 %, 7,4–10,8 ц/га и 70,0–81,3 г в 1 к.ед., в 2013 г. – 178,0–208,7 ц/га к.ед., 10,0–10,7 %, 11,4–13,9 ц/га и 64,0–68,9 г. В среднем за три года сбор кормовых единиц был в пределах от 144,0 до 163,8 ц/га, с тенденцией, или достоверной прибавкой к базовому варианту в пределах от 4,8 до 24,6 ц/га к.ед.; соответственно содержание протеина – 10,5–11,2 %, с тенденцией его увеличения в отдельных вариантах опыта; сбор протеина – 10,2–12,3 ц/га и повышением его на 0,5–2,6 ц/га, при содержании протеина в 1 к.ед. – 71,5–75,5 г с тенденцией или достоверным увеличением (на 0,3–4,3 г) в отдельных вариантах опыта.

Содержание крахмала в зерне изменялось в зависимости от вариантов опыта и находилось в пределах от 64,1 до 72,0 %. При этом необходимо отметить, что изменения в его содержании по вариантам опыта, по сравнению с контрольным вариантом, были не существенными.

Лучшими удобрениями, обеспечившими по итогам трехлетних исследований максимальный сбор протеина, сбор кормовых единиц и более высокую обеспеченность 1 кормовой единицы протеином были NPK с Zn, Mn и стимулятором роста растений тубелак, NPK с Zn, Cu и регулятором роста растений гидрогумат, NPK с Zn, Cu, Mn, B и NPK с Zn, Cu и средством защиты растений туберит.

Овощные культуры (морковь). Влияние новых комплексных удобрений (хлорсодержащих и бесхлорных) с добавками микроэлементов и регулятора роста растений при основном внесении в почву и при некорневых подкормках на урожайность и качество овощных культур (морковь, столовая свекла, капуста) изучалось на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах (2005–2007 гг.) и на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой рыхлосупесчаной почве (2011–2013 гг.).

По данным агрохимической эффективности новых форм комплексных удобрений при возделывании овощных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах установлено, что:

- применение под морковь сорта Лявониха комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений (NPK с S; B, Cu) обеспечивало урожайность корнеплодов на уровне 45,6–50,0 т/га, бесхлорных NPK с Mg, S; B, Cu и регулятором роста растений эпин – 47,4–50,2 т/га (в зависимости от доз и форм удобрений), при урожайности на смеси стандартных удобрений – 43,9 и 46,8 т/га. Оптимальной дозой комплексных хлорсодержащих удобрений под морковь была $N_{70}P_{65}K_{102}$ и бесхлорных – $N_{70}P_{38}K_{118}$ кг/га д.в., которые обеспечивали повышение урожайности корнеплодов моркови на 3,8–5,5 т/га, в том числе стандартной продукции на 1,3–3,5 т/га, сухого вещества – на 0,5–0,7 т/га по сравнению со смесью односторонних удобрений, с выходом стандартной продукции 81,5–84,5 %;

- применение под столовую свеклу сорта Прыгажуня комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений (NPK с B, Na, Mn, S) обеспечивало урожайность на уровне 44,3–49,0 т/га, бесхлорных (NPK с Mg, S, B, Mn, Fe и регулятором роста растений эпин) – 43,4–50,1 т/га, смеси стандартных удобрений – 42,1 и 43,4 т/га. Оптимальной дозой под столовую свеклу оказалась $N_{90}P_{83}K_{131}$ (NPK хлорсодержащее) и $N_{90}P_{49}K_{118}$ (NPK бесхлорное), обеспечившие повышение урожайности корнеплодов столовой свеклы на 6,0–8,9 т/га, в том числе

стандартной продукции на 6,0 т/га, сухого вещества – на 0,4–0,7 т/га по сравнению со смесью односторонних удобрений, с выходом стандартной продукции 75,4–81,6 %;

– применение под капусту сорта Мара комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений NPK с S, B, Zn, Mo, Fe обеспечивало урожайность на уровне 83,8–89,9 т/га, бесхлорных NPK с Mg, S, B, Zn, Mo, Co, Fe – 79,3–88,6 т/га, смеси стандартных удобрений – 78,5 и 79,2 т/га. Лучшей дозой комплексных хлорсодержащих удобрений под капусту была $N_{90}P_{83}K_{131}$ и бесхлорных $N_{90}P_{49}K_{118}$, которые увеличивали урожайность кочанов на 6,4–14,1 т/га, сухого вещества – 0,6–1,8 т/га, стандартной продукции соответственно на 9,8–10,3 и 0,7–1,3 т/га по сравнению со смесью односторонних удобрений с выходом стандартной продукции 81,7–87,2 %.

Включение регулятора роста растений эпин в состав комплексных бесхлорных удобрений с добавками микроэлементов способствовало увеличению урожайности моркови и столовой свеклы на 1,1–1,9 т/га и снижению нитратов в продукции исследуемых культур на 11–20 %.

Применение стандартных и новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в фермерском хозяйстве «Горизонт» обеспечило при ранних сроках уборки моркови урожайность корнеплодов (в среднем за 2011–2013 гг.) с вариантах с удобрениями – 28,8–37,8 т/га, на контроле без удобрений – 22,3 т/га. При использовании комплексного хлорсодержащего NPK с S, B, Cu (марка 14–10–19) в дозах $N_{70-110}P_{50-78}K_{95-149}$ кг/га д.в. получена урожайность 28,8–33,6 т/га. Внесение медленнодействующих комплексных удобрений $N_{90}P_{64}K_{122}S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ и $N_{90}P_{64}K_{122}S_{71}B_{1,29}$ обеспечило урожайность на уровне 34,6–35,9 т/га, с прибавкой корнеплодов моркови 4,8–6,1 т/га, от комплексных бесхлорных – на 4,8–8,0 т/га по сравнению с внесением стандартных удобрений. Включение различных модифицирующих добавок в состав указанных комплексных удобрений позволяло получить тенденцию или достоверное повышение урожайности на 1,5–3,2 т/га по сравнению с аналогичными удобрениями без добавок (табл. 9), [19].

При поздних сроках уборки моркови лучшими оказались: комплексные хлорсодержащие удобрения $N_{110}P_{78}K_{149}S_{86}B_{1,57}Cu_{1,18}$ с прибавкой в 6,3 т/га, а также медленнодействующее $N_{90}P_{64}K_{122}S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ (9,2 т/га) по сравнению с внесением стандартных туков. При внесении комплексных бесхлорных ($N_{90}P_{48}K_{104}S_{71}$, $N_{90}P_{48}K_{104}Mg_{9,6}S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$, $N_{90}P_{48}K_{104}Mg_{9,6}S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ с эпином) получена урожайность корнеплодов моркови на уровне 72,9–77,6 т/га (табл. 9).

Применение новых форм минеральных удобрений обеспечивало содержание бора в корнеплодах в пределах от 16,1 до 20,8 мг/кг сухого вещества, меди – 4,4–5,8 мг/кг, цинка – 21,2–25,6 мг/кг, марганца – 15,8–16,9 мг/кг, что соответствовало средним значениям этих элементов для моркови.

При использовании комплексных хлорсодержащих удобрений выход стандартной продукции (товарность) в среднем за 2011–2013 гг. при ранних сроках уборки моркови находился в пределах от 79 до 87 %, комплексных бесхлорных – 83–88 %, при поздних сроках уборки – 75–81 и 71–78 %. Содержание нитратов в корнеплодах при применении разных форм и доз минеральных удобрений при различных сроках уборки моркови не превышало ПДК (август – 400 и сентябрь – 250 мг/кг сырого вещества, для детского питания – 200 мг/кг сырого вещества).

Таблица 9

Влияние минеральных удобрений на урожайность корнеплодов моркови раннего и позднего сроков уборки, 2011–2013 гг.

Вариант	Урожайность, т/га									
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в сред- нем за 3 года	+/-, к базово- му	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в сред- нем за 3 года	+/-, к базово- му
	ранние сроки уборки				поздние сроки уборки					
Комплексные хлорсодержащие										
1. Без удобрений (контроль)	32,0	16,1	18,8	22,3	–	52	43,5	58,8	51,4	–
2. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (стандартные) – базовый 1	44,7	20,8	23,9	29,8	–	86,7	59,6	64,4	70,2	–
Комплексные бесхлорные										
2а. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ S ₇₁	45,4	21,5	26,1	31,0	1,2	85	60,8	65,8	70,5	0,3
3. N ₇₀ P ₅₀ K ₉₅ S ₅₅ B _{1,0} Cu _{0,75}	40,0	21,4	25,1	28,8	–1,0	86,6	59,2	61,5	69,1	–1,1
4. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ S ₇₁ B _{1,29} Cu _{0,96}	51,3	22,5	27,0	33,6	3,8	89,6	62,3	67,9	73,3	3,1
5. N ₁₁₀ P ₇₈ K ₁₄₉ S ₈₆ B _{1,57} Cu _{1,18}	50,7	20,9	26,8	32,8	3,0	92,6	65,3	71,6	76,5	6,3
6. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ S ₇₁ B _{1,29} Cu _{0,96} (мд)	52,3	23,3	28,1	34,6	4,8	98,3	67,5	72,4	79,4	9,2
7. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ S ₇₁ B _{1,29} (мд)	57,3	22,0	28,5	35,9	6,1	98,1	68,3	70,2	78,9	8,7
Комплексные бесхлорные										
8. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ S ₇₁ – базовый 2	53,3	22,0	28,5	34,6	–	90,9	60,9	66,8	72,9	–
9. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ Mg _{9,6} S ₇₁ B _{1,29} Cu _{0,96}	56,7	22,6	29,1	36,1	1,5	92,8	62,7	70,5	75,3	2,4
10. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ Mg _{9,6} S ₇₁ B _{1,29} Cu _{0,96} с эпином	60,7	22,8	30,0	37,8	3,2	98,5	62,4	71,9	77,6	4,7
НСР ₀₅	5,3	1,4	2,4	3,4	–	3,7	3,8	3,4	4,7	–

Внесение комплексного хлорсодержащего удобрения, в том числе и медленнодействующей его формы ($N_{90}P_{64}K_{122}$), обеспечило при ранних сроках уборки моркови содержание каротина в корнеплодах на уровне 5,8–7,3 мг/100 г, витамина С – 2,1–2,6 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,3–8,7 %, пектиновых веществ – 0,7–0,8 %; комплексных бесхлорных удобрений с добавками – содержание каротина – 7,3–7,5 мг/100 г, витамина С – 2,2–2,5 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,8–8,6 %, пектиновых веществ – 0,7–0,8 %. При поздних сроках уборки эти показатели улучшались и были следующие: при внесении комплексных хлорсодержащих с модифицирующими добавками содержание каротина было в пределах от 7,5 до 10,8 мг/100 г, витамина С – 4,3–5,4 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,4–8,5 %, пектиновых веществ – 0,8–1,0 %; комплексных бесхлорных с добавками – каротина на уровне 10,0–10,1 мг/100 г, витамина С – 4,1 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,7–7,8 %, пектиновых веществ – 0,8 %.

Эффективным приемом при возделывании моркови является применение некорневых подкормок по вегетирующим растениям: внесение микроэлементов в форме химических солей или хелатов, удобрений жидких комплексных (табл. 10).

Таблица 10

Влияние некорневых подкормок на урожайность корнеплодов моркови раннего и позднего сроков уборки, 2011–2013 гг.

Вариант	Урожайность, т/га									
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем за 3 года	+/- к базовому	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем за 3 года	+/- к базовому
	ранние сроки уборки					поздние сроки уборки				
4. $N_{90}P_{64}K_{122} S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ – базовый	51,3	22,5	27,1	33,6	–	89,6	62,3	67,9	73,3	–
8. $N_{90}P_{64}K_{122} S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ + удобрения жидкие комплексные (3 + 2 л/га)	59,7	25,4	30,7	38,6	5,0	93,6	69,1	75,8	79,5	6,2
9. $N_{90}P_{64}K_{122} S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ + удобрения жидкие комплексные с гидрогуматом (3 + 2 л/га)	59,2	25,2	31,1	38,5	4,9	98,0	70,3	77,5	81,9	8,6
10. $N_{90}P_{64}K_{122} S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ + Лифдрил (5 + 5 кг/га)	56,9	23,6	29,1	36,5	2,9	92,8	70,8	74,1	79,2	–
НСР ₀₅	3,5	1,4	3,5	3,0	–	2,6	3,0	6,7	4,5	–

Рациональная листовая подкормка не только дополняет корневое питание, но и корректирует питание культуры в критические периоды вегетации. В среднем за 2011–2013 гг. дополнительное применение некорневых подкормок удобрениями комплексными на фоне основного внесения в почву $N_{90}P_{64}K_{122}S_{71}B_{1,29}Cu_{0,96}$ обеспечило урожайность корнеплодов моркови при ранних сроках уборки в пределах от 36,5 до 38,6 т/га, при урожайности в фоновом варианте 33,6 т/га. Максимальная урожайность (38,5–38,6 т/га) получена при двукратном применении некорневых подкормок жидкими комплексными удобрениями с добавками. Эффективность

некорневых подкормок удобрением Лифдрил (зарубежный аналог) была выше по сравнению с базовым на 2,9 т/га, но несколько ниже, чем в варианте с удобрением жидким комплексным (4,9–5,0 т/га). В вариантах с некорневыми подкормками наблюдалась тенденция или достоверное увеличение в корнеплодах моркови азота на 0,02–0,14 %, фосфора – 0,01–0,05 % и магния – на 0,02–0,05 %, при содержании калия и кальция на уровне фона.

При поздних сроках уборки моркови урожайность корнеплодов изменялась в пределах от 73,3 (фон) до 79,2–81,9 (с некорневыми подкормками) т/га. При применении некорневых подкормок по вегетирующим растениям моркови всеми изучаемыми препаратами урожайность корнеплодов увеличивалась на 5,9–8,6 т/га. Наиболее эффективной была подкормка удобрением жидким комплексным с микроэлементами и регулятором роста растений гидрогумат, обеспечившая урожайность корнеплодов на уровне 81,9 т/га, с прибавкой 8,6 т/га или на 11,7 % выше фона. В корнеплодах увеличивалось содержание азота на 0,14–0,23 %, фосфора и кальция – на 0,06–0,08 %, бора – на 0,6 и марганца – на 0,8 мг/кг сухого вещества, повышался общий и удельный вынос основных элементов питания при разных сроках уборки, по сравнению с вариантами с внесением только комплексных удобрений.

Использование некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными на фоне основного внесения минеральных удобрений улучшало качество корнеплодов: при ранних сроках уборки моркови повышалась товарность корнеплодов моркови на 6–7 %, поздних – на 1,0 %; при разных сроках уборки моркови увеличивалось содержание каротина (на 0,3–2,4 мг/100 г), витамина С (на 0,2–1,3 мг/100 г) и растворимых сахаров (на 0,1–0,9 %) по сравнению с аналогичными вариантами без некорневых подкормок.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальные исследования, проведенные в Республике Беларусь на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, свидетельствуют, что одним из перспективных агротехнических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям, является применение новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений, которые могут увеличить производство сельскохозяйственной продукции с улучшением ее качества.

2. Применение новых форм комплексных удобрений при основном внесении в почву обеспечивает, по сравнению с аналогичными комплексными удобрениями без добавок, а также стандартными туками, увеличение их продуктивности и улучшение качества продукции при внесении удобрений:

➤ *под озимую пшеницу* – повышение урожайности зерна в среднем на 3,9–5,8 ц/га, улучшение показателей качества зерна за счет увеличения содержания сырого белка на 0,24–0,50 %, клейковины на 0,6–3,3 % и суммы незаменимых аминокислот на 2,13–3,46 и критических – на 0,32–0,66 г/кг зерна;

➤ *под яровые зерновые культуры* – увеличение урожайности зерна яровой пшеницы на 3,5–4,6 ц/га, ячменя – 1,7–4,3, ярового тритикале – 2,8–3,7, овса – 1,8–4,2 ц/га и содержания белка в зерне на 0,2–0,7 %; суммы критических аминокислот на 0,06–1,67 г/кг зерна, незаменимых аминокислот – на 0,23–5,31 г/кг зерна;

➤ *под картофель* – повышение урожайности клубней от 26 до 63 ц/га, при одновременном улучшении качества клубней за счет повышения крахмала (на 0,1–0,2 %), товарности клубней (на 0,9–1,9 %) и снижения содержания нитратов (на 16,8–20,0 %);

➤ *под кукурузу* – увеличение урожайности зерна кукурузы на 10–25 ц/га с улучшением качества зерна за счет повышения содержания протеина и его сбора, обеспеченности 1 к. ед. протеином;

➤ *под овощные культуры* – увеличение урожайности сухого вещества корнеплодов моркови на 0,5–0,7 т/га, столовой свеклы – 0,4–0,7, капусты – 0,6–1,8 т/га, при снижении уровня накопления нитратов в продукции на 11–20 %, и, в большей степени, от комплексных бесхлорных удобрений с модифицирующими добавками.

3. Применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными вышеуказанных культур, на фоне стандартных туков и комплексных удобрений, позволяет: повысить урожайность зерна озимых и яровых зерновых на 5,0–7,4 ц/га; клубней картофеля на 9–12 ц/га; зерна кукурузы – на 3–5 ц/га, корнеплодов моркови (сухое вещество) на 0,2–0,4 т/га, при одновременном улучшении показателей качества продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко, М.М. Агрохимия и плодородие / М.М. Овчаренко // The Chemical Journal. – 2014. – № 11. – С. 22–25.

2. Современные тенденции в производстве и применении фосфорсодержащих удобрений и неорганических кислот: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 26 мая 2015 г. / АО «НИУИФ»; под ред. В.И. Суходолова. – М., 2015. – 128 с.

3. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы / Постановление Совета Министров Республики Беларусь (№ 196 от 11 марта 2016 г.) «О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585).

4. Удобрение и их использование: справочник / И.У. Марчук [и др.]; под общ. ред. И.У. Марчук. – М., 2011. – 350 с.

5. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: составители А.В. Пискун [и др.]. – Минск: Изд-во ООО «Промкомплекс», 2017. – 688 с.

6. Калиниченко, В.Г. Эффективность комплексных удобрений на землях Черноземья / В.Г. Калиниченко – Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1984. – 88 с.

7. Комплексные удобрения: справ. пособие / В.Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 252 с.

8. Katalogas KEMIRA UAB KEMIRA AGRO VILNIUS, 98 – pavasaris 99. – 113 p.

9. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2011. – 48 с.

10. Эффективность новых форм комплексных удобрений для основного внесения в почву при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г.В. Пироговская [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 34–43.

11. Влияние новых форм комплексных удобрений при основном внесении в почву на урожайность и качество маслосемян подсолнечника / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 176–192.
12. Новые формы минеральных удобрений с биологически активными добавками / Г.В. Пироговская [и др.] // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий: материалы Междунар. науч. конф., Алмалыбак (Казахстан), 27–28 мая 2016 г. – Алмалыбак, 2016. – С. 251–252.
13. Янишевский, Ф.В. Агрохимия жидких комплексных удобрений / Ф.В. Янишевский. – М.: Наука, 1978. – 208 с.
14. Жидкие удобрения для внекорневой подкормки сельскохозяйственных культур // Рекламный проспект, отпечатан в типографии ООО «Поликraft».
15. Информационный меморандум ЗАО «УКАГРО НПК» // ЗАО «УКАГРО НПК» [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа [http:// www.intermag. Com.ua/pages/98](http://www.intermag.com.ua/pages/98). – Дата доступа: 10.09.2010.
16. Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 40 с.
17. Worldwide Congress of Mineral fertilizers. Pesticide producers // Presentations Abstracts of the Congress SCIF 2018 // ORBI GROUP, Rustavi. – 2018. – 68 p.
18. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами и орошения на урожайность и качество моркови на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Д.Г. Мысливец; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2015. – 21 с.

DEVELOPMENT, PRODUCTION AND USE OF COMPLEX FERTILIZERS IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE REPUBLIC OF BELARUS

G.V. Pirahouskaya, V.V. Lapa, D.V. Chernyakov, N.N. Ermakovich

Summary

The article presents the results of experimental scientific research (2006–2015) on the development and industrial production of new forms of solid granular and liquid complex fertilizers with chelate forms of microelements, including chlorine-free ones. They are used for basic application to soil and for foliar top dressing vegetative plants of agricultural crops, as well as their effectiveness in the cultivation of grain crops (winter and spring wheat), potatoes, corn, carrots on sod-podzolic soils of different granulometric structure. It has been established that the use of new forms of complex fertilizers with microelements and plant growth regulators is one of the most promising agrotechnical methods for cultivating agricultural crops using intensive technologies, which ensures an increase in yields while improving the quality of products.

Поступила 15.05.18