

Повышение агрохимической эффективности комплексных фосфорсодержащих удобрений за счет гуматной добавки

Левин Б.В., Озеров С.А., Гармаш Г.А., Латина Н.В., Гармаш Н.Ю.

За несколько лет исследований установлено, что урожайность зерновых культур (яровой и озимой пшеницы, ярового ячменя) и рапса возрастала при внесении гуматизированных удобрений по сравнению с аналогичными дозами традиционных удобрений. Наибольший эффект от применения гуматизированных удобрений был получен на яровой пшенице и яровом рапсе в условиях засухи 2010 года. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений в условиях засухи не привело к увеличению урожая яровой пшеницы и ярового рапса. При применении в аналогичных условиях такого же количества гуматизированных удобрений получена достоверная прибавка урожая изучаемых культур.

Применение минеральных удобрений (даже в высоких дозах) не всегда приводит к прогнозируемому увеличению урожая.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что погодные условия вегетационного периода оказывают настолько сильное влияние на развитие растений, что экстремально неблагоприятные погодные условия фактически нивелирует эффект повышения урожайности даже при высоких дозах внесения питательных веществ (Страпеняц и др., 1980; Федосеев, 1985). Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений могут резко отличаться в зависимости от погодных условий вегетационного периода, снижаясь для всех культур в годы с недостаточным увлажнением (Юркин и др., 1978; Державин, 1992). В связи с этим, любые новые приемы повышения эффективности минеральных удобрений в районах неустойчивого земледелия заслуживают внимания.

Один из приемов увеличения эффективности использования питательных веществ из удобрений и почвы, укрепления иммунитета растений к неблагоприятным факторам среды и повышения качества получаемой продукции - использование гуминовых препаратов при возделывании сельскохозяйственных культур.

За последние 20 лет, значительно повысился интерес к гуминовым веществам, применяемым в сельском хозяйстве. Тема гуминовых удобрений не является новой ни для исследователей, ни для практиков-аграриев. Начиная с 50-х годов прошлого столетия изучалось влияние гуминовых препаратов на рост, развитие, урожай различных сельскохозяйственных культур. В настоящее время в связи с резким подорожанием минеральных удобрений гуминовые вещества широко применяются для увеличения эффективности использования питательных веществ из почвы и удобрений, повышения иммунитета растений к неблагоприятным факторам среды и повышения качества урожая получаемой продукции.

Разнообразно сырье для производства гуминовых препаратов. Это могут быть угли бурые и темные, торф, озерный и речной сапропель, вермикомпост, леонардит, а также различные органические удобрения и отходы.

Основным способом получения гуматов на сегодня

является технология высокотемпературного щелочного гидролиза сырья, в результате которой происходит высвобождение поверхностно-активных высокомолекулярных органических веществ различной массы, характеризующихся определенным пространственным строением и физико-химическими свойствами. Препаративная форма гуминовых удобрений может представлять собой порошок, пасту или жидкость с различными удельным весом и концентрацией действующего вещества.

Основным отличием для различных гуминовых препаратов является форма действующего компонента гуминовых и фульвокислот и (или) их солей – в водорастворимой, усвояемой или трудноусвояемой формах. Чем выше содержание органических кислот в гуминовом препарате, тем ценнее он как для индивидуального применения, так и особенно для получения комплексных удобрений с гуматами.

Различны способы применения гуминовых препаратов в растениеводстве: обработка посевного материала, некорневые подкормки, внесение водных растворов в почву.

Гуматы могут применяться как отдельно, так и в сочетании со средствами защиты растений, регуляторами роста, макро- и микроэлементами. Спектр их использования в растениеводстве чрезвычайно широк и включает практически все сельскохозяйственные культуры, производимые как в крупных аграрных предприятиях, так и в личных подсобных хозяйствах. В последнее время значительно выросло их использование на различных декоративных культурах.

Гуминовые вещества обладают комплексным действием, улучшающим состояние почвы и системы взаимодействия «почва – растения»:

- повышают подвижность усвояемого фосфора в почве и почвенных растворах, ингибируют иммобилизацию усвояемого фосфора и ретроградацию фосфора;

- кардинально улучшают баланс фосфора в почвах и фосфорное питание растений, выражающееся в увеличении доли фосфорорганических соединений, ответственных за перенос и трансформацию энергии, синтез нуклеиновых кислот;

- улучшают структуру почв, их газопроницаемость, водопроницаемость тяжелых почв;

- поддерживают органо-минеральный баланс почв,

препятствуя их засолению, закислению и другим негативным процессам, приводящим к снижению или потере плодородия;

- сокращают вегетативный период за счет улучшения белкового обмена, концентрированной доставки питательных компонентов к плодовой части растений, насыщению их высокоэнергетическими соединениями (сахара, нуклеиновые кислоты и др. органические соединения), а также подавляют накопление нитратов в зеленой части растений;

- усиливают развитие корневой системы растения за счет полноценного питания и ускоренного деления клеток.

Особенно важными являются полезные свойства гуминовых компонентов для поддержания органо-минерального баланса почв при интенсивных технологиях. В статье Пола Фиксена «Концепция повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и эффективности использования элементов питания растениями» (Фиксен, 2010) приведена ссылка на системный анализ методов оценки эффективности использования элементов питания растениями. В качестве одного из значимых факторов, влияющих на эффективность использования элементов питания, указывается интенсивность технологий возделывания сельскохозяйственных культур и связанные с ними изменения структуры и состава почвы, в частности, иммобилизация элементов питания и минерализация органического вещества. Гуминовые компоненты в сочетании с ключевыми макроэлементами, прежде всего фосфором, поддерживают плодородие почв при интенсивных технологиях.

В работе Ивановой С.Е., Логиновой И.В., Тиндалл Т. «Фосфор: механизмы потерь из почвы и способы их снижения» (Иванова и др., 2011) химическая фиксация фосфора в почвах отмечена как один из основных факторов низкой степени использования фосфора растениями (на уровне 5 - 25% от внесенного в 1-ый год количества фосфора). Повышение степени использования фосфора растениями в год внесения имеет выраженный экологический эффект – снижение попадания фосфора с поверхностным и подземным стоком в водоемы. Сочетание органической составляющей в виде гуминовых веществ с минеральной в удобрениях препятствует химической фиксации фосфора в малорастворимые фосфаты кальция, магния, железа и алюминия и сохраняют фосфор в доступной для растений форме.

По нашему мнению, очень перспективно применение гуминовых препаратов в составе минеральных макроудобрений.

В настоящее время существует несколько способов введения гуматов в сухие минеральные удобрения:

- поверхностная обработка гранулированных промышленных удобрений, которая широко применяется при приготовлении механических тукосмесей;

- механическое введение гуматов в порошок с последующей грануляцией при малотоннажном производстве минеральных удобрений.

- введение гуматов в плав при крупнотоннажном производстве минеральных удобрений (промышленное производство).

Таблица 1. Основные показатели гумата натрия «Сахалинский» (ТУ 2189-004-54775950-2000)

| № | Показатель | Ед. изм. | Величина |
|---|--|----------|----------|
| 1 | Массовая доля органического вещества | % | 60 |
| 2 | Массовая доля солей гуминовых кислот в органическом веществе | % | 65 |
| 3 | Na ₂ O | % | 6 |
| 4 | pH | | 8,0-9,5 |

Очень широкое распространение в России и за рубежом получило применение гуминовых препаратов для производства жидких минеральных удобрений, используемых для листовых обработок посевов.

Цель настоящей публикации - показать сравнительную эффективность гуматизированных и обычных гранулированных минеральных удобрений на зерновых культурах (озимой и яровой пшенице, ячмене) и яровом рапсе в различных почвенно-климатических зонах России.

В качестве гуминового препарата для получения гарантированных высоких результатов по агрохимической эффективности был выбран гумат натрия «Сахалинский» со следующими показателями (табл. 1).

Производство гумата «Сахалинский» основано на использовании бурых углей Солнцевского месторождения о. Сахалин, имеющих очень высокую концентрацию гуминовых кислот в усвояемой форме (более 80%). Щелочная вытяжка из бурых углей этого месторождения представляет собой практически полностью растворимый в воде негигроскопичный и неслеживающийся порошок темно-коричневого цвета. В состав продукта переходят также микроэлементы и цеолиты, способствующие аккумуляции питательных веществ и регулированию обменного процесса.

Кроме указанных показателей гумата натрия «Сахалинский», важным фактором его выбора в качестве гуминовой добавки было производство концентрированных форм гуминовых препаратов в промышленных количествах, высокие агрохимические показатели индивидуального применения, содержание гуминовых веществ преимущественно в водорастворимой форме и наличие жидкой формы гумата для равномерного распределения в грануле при промышленном производстве, а также государственная регистрация в качестве агрохимиката.

В 2004 г. на ОАО «Аммофос» в г. Череповец была выпущена опытная партия нового вида удобрения – азофоски (нитроаммофоски) марки 13:19:19, с добавкой гумата натрия «Сахалинский» (щелочная вытяжка из леонардита) в пульпу по технологии, разработанной в ОАО «НИУИФ». Показатели качества гуматизированной аммофоски 13:19:19 приведены в табл. 2.

Основной задачей при проведении промышленных испытаний было обоснование оптимального способа ввода гуматной добавки «Сахалинский» с сохранением водорастворимой формы гуматов в продукте. Известно, что гуминовые соединения в кислых средах (при pH < 6) переходят в формы водорастворимых гуматов (Н-гуматы) с потерей их эффективности.

Таблица 2. Показатели качества гуматизированной аммофоски 13:19:19 с гуматом натрия «Сахалинский»

| № | Показатель | Ед. изм. | Норма по ТУ 2186-182-00209438-04 | Фактическое |
|---|-------------------------------|----------|----------------------------------|-------------|
| 1 | Азот | % | 13+/-1 | 13.2 |
| 2 | P ₂ O ₅ | % | 19+/-1 | 18.6 |
| 3 | K ₂ O | % | 19+/-1 | 18.0 |
| 4 | Содержание гумата натрия | % | 0.2 | 0.20 |
| 5 | Влага | % | 1.3 | 1.0 |
| 6 | Статическая прочность молекул | МПа | 3 | 3.8 |
| 7 | Рассыпчатость | % | 100 | 100 |
| 8 | Массовая доля гранул | | | |
| | менее 1 мм | % | 3 | 0.2 |
| | 1 - 6 мм | % | 97 | 99.8 |

Таблица 3. Эффективность применения гуматизированной аммофоски (13:19:19) под ячмень.

| Варианты опыта | Урожайность, т/га | Содержание белка в зерне, % |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Аммофоска | 3.10 | 11.0 |
| Аммофоска+гумат | 3.43 | 12.6 |
| Относительная прибавка, % | 10.6 | 14.5 |

Ввод порошкообразного гумата «Сахалинский» в ретур при производстве комплексных удобрений обеспечил отсутствие контакта гумата с кислой средой в жидкой фазе и его нежелательных химических трансформаций. Это подтвердил последующий анализ готовых удобрений с гуматами. Ввод гумата фактически на финальной стадии технологического процесса определил сохранение достигнутой производительности технологической системы, отсутствие возвратных потоков и дополнительных выбросов. Не отмечено и ухудшения физико-химических комплексных удобрений (слеживаемость, прочность гранул, пылимость) при наличии гуминовой составляющей. Аппаратурное оформление узла ввода гумата также не представляло сложностей.

В 2004 г. в ЗАО «Сет-Орел Инвест» (Орловская область) был проведен производственный опыт с внесением гуматизированной аммофоски под ячмень. Прибавка урожая ячменя на площади 4532 га от применения гуматизированного удобрения по сравнению со стандартной аммофоской марки 13:19:19 составила 0.33 т/га (11%), содержание белка в зерне повысилось с 11 до 12.6% (табл. 3), что дало хозяйству дополнительную прибыль в размере 924 руб/га.

В 2004 г. в ГФУП ОПХ «Орловское» ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (Орловская область) проводились полевые опыты по изучению влияния гуматизированной и обычной аммофоски (13:19:19) на урожай и качество яровой и озимой пшеницы.

Схема опытов:

1. Контроль (без удобрений)
2. N26 P38 K38 кг д.в./га

3. N26 P38 K38 кг д.в./га гуматизированное
4. N39 P57 K57 кг д.в./га
5. N39 P57 K57 кг д.в./га гуматизированное.

Опыты с озимой пшеницей (сорт Московская-39) проводились по двум предшественникам - черный и сидеральный пар. Анализ результатов опыта с озимой пшеницей показал, что гуматизированные удобрения оказывают положительное влияние на урожайность, а также содержание белка и клейковины в зерне по сравнению с традиционным удобрением. Максимальная урожайность (3.59 т/га) наблюдалась в варианте с внесением повышенной дозы гуматизированного удобрения (N39 P57 K57). В этом же варианте получено самое высокое содержание белка и клейковины в зерне (табл. 4).

В опыте с яровой пшеницей (сорт Смена) максимальная урожайность 2.78 т/га наблюдалась также при внесении повышенной дозы гуматизированного удобрения. В этом же варианте наблюдалось самое высокое содержание белка и клейковины в зерне. Как и в опыте с озимой пшеницей, внесение гуматизированного удобрения статистически значимо увеличивало урожайность и содержание белка и клейковины в зерне по сравнению с внесением такой же дозы стандартного минерального удобрения. Последний работает не только как индивидуальный компонент, но и улучшает усвояемость растениями фосфора и калия, уменьшает потери азота в азотном цикле питания и в целом улучшает обмен между почвой, почвенными растворами и растениями.

Значимое улучшение качества урожая и озимой и яровой пшеницы свидетельствует о повышении эффективности минерального питания продукционной части растения.

По результатам действия гуматную добавку можно сравнить с влиянием микрокомпонентов (бор, цинк, кобальт, медь, марганец и др.). При относительно небольшом содержании (от десятых долей до 1%) гуматные добавки и микроэлементы обеспечивают практически одинаковое повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. В работе (Аристархов, 2010) изучено влияние микроэлементов на урожайность и качество зерна зерновых и зернобобовых и показано увеличение белка и клейковины на примере озимой пшеницы при основном внесении на различных типах почв. Направленное влияние микроэлементов и гуматов на продуктивную часть культур сопоставимо по получаемым результатам.

Высокие агрохимические результаты производства при минимальной доработке аппаратурной схемы крупнотоннажного производства комплексных удобрений, полученные от применения гуматизированной аммофоски (13:19:19) с гуматом натрия «Сахалинский», позволили расширить спектр гуматизированных марок комплексных удобрений с включением нитратсодержащих марок.

В 2010 г. в ОАО «Минеральные удобрения» (г. Россошь, Воронежская область) была произведена партия гуматизированной азофоски 16:16:16 (N:P₂O₅:K₂O) с содержанием гумата (щелочная вытяжка из леонардита) – не менее 0.3% и влаги – не более 0.7%.

Азофоска с гуматами представляла собой гранулированное органоминеральное удобрение светло-серо-

| Таблица 4. Влияние гуматизированного минерального удобрения марки 13:19:19 на урожайность и качество зерна пшеницы | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-----------------------|-----------|
| № п/п | Варианты опыта | Урожайность, т/га | Содержание в зерне, % | |
| | | | Клейковина | Белок |
| Озимая пшеница (сорт Московская-39) | | | | |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 2.62 | 18.9 | 16.4 |
| 2 | N26 P38 K38 | 3.22 | 19.7 | 16.9 |
| 3 | N39 P57 K57 | 3.47 | 21.8 | 17.1 |
| 4 | N26 P38 K38 +гумат | 3.37 | 22.4 | 17.3 |
| 5 | N39 P57 K57 +гумат | 3.59 | 24.9 | 17.6 |
| НСР ₀₅ | | 0.23 | | |
| Относительная прибавка от гумата, % | | | 13.7 - 14.2 | 2.3 - 2.9 |
| Яровая пшеница (сорт Смена) | | | | |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 1.98 | 18.3 | 15.0 |
| 2 | N26 P38 K38 | 2.36 | 19.9 | 16.2 |
| 3 | N39 P57 K57 | 2.50 | 22.9 | 17.0 |
| 4 | N26 P38 K38 +гумат | 2.62 | 22.4 | 17.0 |
| 5 | N39 P57 K57 +гумат | 2.78 | 24.5 | 17.5 |
| НСР ₀₅ | | 0.24 | | |
| Относительная прибавка от гумата, % | | | 7.0 - 12.5 | 2.9 - 4.9 |

го цвета, отличающееся от стандартного только присутствием в нем гуминовых веществ, что придавало едва заметный светло-серый оттенок новому удобрению. Азофоска с гуматами была рекомендована в качестве органоминерального удобрения для основного и «припосевного» внесения в почву и для корневых подкормок под все культуры, где возможно применение обычной азофоски.

В 2010 и 2011 гг. на опытном поле ГНУ Московский НИИСХ «Немчиновка» проводили исследования с гуматизированной азофоской производства ОАО «Минеральные удобрения» в сравнении со стандартной, а также с калийными удобрениями (хлористый калий), содержащими гуминовые кислоты (КалиГум), в сравнении с традиционным калийным удобрением КС1.

Полевые опыты проводили по общепринятой методике (Доспехов, 1985) на опытном поле Московского НИИСХ «Немчиновка».

Отличительная особенность почв опытного участка - высокое содержание фосфора (порядка 150-250 мг/кг), и среднее калия (80-120 мг/кг). Это обусловило отказ от основного внесения фосфорных удобрений. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта: содержание органического вещества - 3.7%, рН_{сол.}-5.2, NH₄⁻ - следы, NO₃⁻ - 8 мг/кг, P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову) - 156 и 88 мг/кг соответственно, СаО - 1589 мг/кг, MgO - 474 мг/кг.

В опыте с азофоской и рапсом размер опытной делянки составлял 56 м² (14м x 4м), повторность - четырехкратная. Предпосевная обработка почвы после основного внесения удобрений - культиватором и непосредственно перед посевом - РБК (ротационной бороной-культиватором). Посев - сеялкой Амазон в оптимальные агротехнические сроки, глубина заделки семян 4-5 см - для пшеницы и 1-3 см - для рапса. Нормы высева: пшеницы - 200 кг/га, рапса - 8 кг/га.

В опыте использовали яровую пшеницу сорт МИС и яровой рапс сорт Подмосковный. Сорт МИС - вы-

сокопродуктивный среднеспелый, позволяющий стабильно получать зерно, пригодное для производства макаронных изделий. Сорт устойчив к полеганию; значительно слабее стандарта поражается бурой ржавчиной, мучнистой росой и твердой головней.

Яровой рапс Подмосковный - среднеспелый, вегетационный период 98 дней. Экологически пластичен, отличается равномерным цветением и созреванием, устойчивостью к полеганию 4.5-4.8 балла. Низкое содержание глюкозинолатов в семенах позволяет использовать жмых и шроты в рационах животных и птицы в повышенных нормах.

Урожай пшеницы убирали в фазу полной спелости зерна. Рапс скашивали на зеленый корм в фазу цветения. Опыты для яровой пшеницы и рапса заложены по одной схеме.

Анализ почвы и растений проводили согласно стандартным и общепринятым в агрохимии методам.

Схема опытов с азофоской:

1. Фон (50 кг д.в. N/га в подкормку)
2. Фон+азофоска основное внесение 30 кг д.в. NPK/га
3. Фон+азофоска с гуматом основное внесение 30 кг д.в. NPK/га
4. Фон+азофоска основное внесение 60 кг д.в. NPK/га
5. Фон+азофоска с гуматом основное внесение 60 кг д.в. NPK/га
6. Фон+азофоска основное внесение 90 кг д.в. NPK/га
7. Фон+азофоска с гуматом основное внесение 90 кг д.в. NPK/га

Агрохимическую эффективность комплексные удобрения с гуматами продемонстрировали и в экстремально засушливых условиях 2010 г., подтвердив ключевое значение гуматов для стрессоустойчивости культур за счет активации обменных процессов при

Таблица 5. Эффективность обычной азофоски и гуматизированной азофоски при возрастающих дозах внесения (яровая пшеница МИС, 2010 год)

| Варианты опыта | Урожай- ность т/га | Прибавка урожа т/га | Масса 1000 зерен | Содержание в зерне, % | | | |
|--|--------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|--------|-------|-------|
| | | | | азот | фосфор | калий | белок |
| Фон (N50) | 2.73 | - | 28 | 2.00 | 0.46 | 0.42 | 11.4 |
| Фон (N50) +азофоска (N30P30K30) | 3.27 | 0.54 | 27 | 2.09 | 0.48 | 0.44 | 11.9 |
| Фон (N50) + азофоска с гуматом (N60P60K60) | 3.48 | 0.75 | 27 | 2.16 | 0.43 | 0.38 | 12.3 |
| Фон (N50) + азофоска (N60P60K60) | 3.06 | 0.33 | 27 | 2.58 | 0.42 | 0.41 | 14.7 |
| Фон (N50) +азофоска с гуматом (N90P90K90) | 3.57 | 0.84 | 27 | 2.46 | 0.47 | 0.38 | 14.0 |
| Фон (N50) +азофоска (N90P90K90) | 3.24 | 0.51 | 27 | 2.59 | 0.50 | 0.39 | 14.8 |
| Фон (N50) +азофоска с гуматом (N90P90K90) | 3.69 | 0.96 | 27 | 2.59 | 0.47 | 0.37 | 14.8 |
| НСР ₀₅ | 0.32 | | | | | | |

водном голодании.

В годы проведения исследований погодные условия значительно отличались от средних многолетних для Нечерноземной зоны. В 2010 году май и июнь были благоприятными для развития сельскохозяйственных культур, и у растений были заложены генеративные органы с перспективой на будущий урожай зерна порядка 7 т/га у яровой пшеницы (как в 2009 году) и 3 т/га – у рапса. Однако, как и во всем Центральном регионе РФ, в Московской области с начала июля и до уборки урожая пшеницы в начале августа наблюдалась длительная засуха. Среднесуточные температуры в этот период были превышены на 7°C, а дневные температуры в течение длительного времени были выше 35°C. Отдельные кратковременные осадки выпадали в виде ливневых дождей и вода стекала с поверхностным стоком и испарялась, лишь частично впитываясь в почву. Насыщение почвы влагой в кратковременные периоды дождей не превышало глубины проникновения 2-4 см. В 2011 году в первой декаде мая после посева и во время всходов растений осадков выпало почти в 4 раза меньше (4 мм) средневзвешенной многолетней нормы (15 мм).

Среднесуточная температура воздуха в этот период (13.9°C) была значительно выше среднесуточной многолетней температуры (10.6°C). Количество осадков и температура воздуха во 2-ую и 3-ю декады мая значительно не отличались от количества средневзвешенных осадков и среднесуточных температур.

В июне осадков выпало значительно меньше средней многолетней нормы, температура воздуха превышала среднесуточные на 2-4°C.

Жарким и сухим был июль. Всего за вегетационный период осадков выпало на 60 мм меньше нормы, а среднесуточная температура воздуха была примерно на 2°C выше средней многолетней. Неблагоприятные погодные условия 2010 и 2011 годов не могли не сказаться на состоянии посевов. Засуха совпала с фазой налива зерна у пшеницы, что, в конечном итоге, привело к значительному снижению урожая.

Длительная воздушная и почвенная засуха в 2010 году не дали ожидаемого эффекта от возрастающих доз азофоски. Это проявилось как на пшенице, так и на рапсе.

Дефицит влаги оказался главным препятствием в реализации заложенного почвенного плодородия, при этом урожайность пшеницы в целом была в два

раза ниже, чем в аналогичном опыте 2009 года (Гармаш и др., 2011). Прибавки урожая при внесении 200, 400 и 600 кг/га азофоски (физического веса) были практически одинаковы (табл. 5).

Низкая урожайность пшеницы обусловлена, в основном, щуплостью зерна. Масса 1000 зерен на всех вариантах опыта равнялась 27 – 28 грамм. Данные по структуре урожая на вариантах достоверно не различались. В массе снопа зерно составляло около 30% (при нормальных погодных условия этот показатель составляет до 50%). Коэффициент кущения равен 1.1-1.2. Масса зерна в колосе составляла 0.7-0.8 грамм.

В то же время, в вариантах опыта с гуматизированной азофоской получена достоверная прибавка урожая при увеличении доз удобрений. Это обусловлено, прежде всего, лучшим общим состоянием растений и развитием более мощной корневой системы при применении гуматов на фоне общего стресса посевов от длительной и продолжительной засухи.

Значительный эффект от применения гуматизированной азофоски проявился на начальном этапе развития растений рапса. После посева семян рапса в результате кратковременного ливня с последующими высокими температурами воздуха на поверхности почвы образовалась плотная корка. Поэтому всходы на вариантах с внесением обычной азофоски были неравномерными и сильно изреженными по сравнению с вариантами с гуматизированной азофоской, что привело к значительным различиям в урожае зеленой массы (табл. 6).

В опыте с калийными удобрениями площадь опытной делянки составляла – 225 м² (15 м x 15 м), повторность опыта – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное. Площадь опыта – 3600 м². Опыт проведен в звене севооборота озимые зерновые – яровые зерновые - занятый пар. Предшественник яровой пшеницы – озимое тритикале.

Удобрения вносили вручную из расчета: азота – 60, калия – 120 кг д.в. на га. В качестве азотных удобрений применяли аммиачную селитру, в качестве калийных – калий хлористый и новое удобрение КалиГум. В опыте выращивали яровую пшеницу сорт Злата, рекомендованный для возделывания в Центральном регионе. Сорт раннеспелый с потенциалом продуктивности до 6.5 т/га. Устойчив к полеганию, значительно слабее стандартного сорта поражается бурой ржавчиной и мучнистой росой, на уровне стандартного сорта

| Таблица 6. Эффективность обычной азофоски и гуматизированной азофоски при возрастающих дозах внесения (яровой рапс Подмосковский, 2010 год) | | |
|---|----------------------|-----------------|
| Варианты опыта | Урожай зеленой массы | Прибавка урожая |
| | т/га | |
| Фон (N50) | 10.1 | - |
| Фон (N50) + азофоска (N30P30K30) | 12.0 | 1.9 |
| Фон (N50) + азофоска с гуматом (N60P60K60) | 18.5 | 8.4 |
| Фон (N50) + азофоска (N60P60K60) | 12.4 | 2.3 |
| Фон (N50) + азофоска с гуматом (N90P90K90) | 20.1 | 10.0 |
| Фон (N50) + азофоска (N90P90K90) | 13.2 | 3.1 |
| Фон (N50) + азофоска с гуматом (N90P90K90) | 22.6 | 12.5 |
| НСР ₀₅ | 2.1 | |

– септориозом. Семена до посева обрабатывали протравителем «Винцит» в рекомендуемых производителем нормах. В фазе кущения проводили подкормку посевов пшеницы аммиачной селитрой из расчета 30 кг д.в. на 1 га.

Схема опытов с калийными удобрениями:

1. Контроль (без удобрений).
2. N60 основное + N30 подкормка
3. N60 основное + N30 подкормка + K 120 (KCl)
4. N60 основное + N30 подкормка + K 120 (КалиГум)

В опытах с калийными удобрениями отмечена тенденция увеличения урожая зерна пшеницы в варианте с испытуемым удобрением КалиГум по сравнению с традиционным хлористым калием. Содержание белка в зерне при внесении гуматизированного удобрения КалиГум было выше на 1.3% по сравнению с KCl. Самое высокое содержание белка наблюдалось на вариантах с минимальным урожаем – контроле и варианте с внесением азота (N60 + N30). Данные по структуре урожая на вариантах достоверно не различались. Масса 1000 зерен и масса зерна в колосе по вариантам были практически одинаковы и составляли 38.1-38.6 г и 0.7-0.8 г соответственно (табл. 7).

Таким образом, полевыми опытами достоверно доказана агрохимическая эффективность комплексных удобрений с добавками гуматов, определяемые по прибавке урожайности и содержанию белка в зерновых культурах. Для обеспечения этих результатов необходим правильный выбор гуминового препарата с высокой долей водорастворимых гуматов, его формы и места ввода в технологический процесс на

финальных стадиях. Это позволяет достигать относительно небольшого содержания гуматов (0.2 - 0.5% мас.) в гуматизированных удобрениях и обеспечивать равномерное распределение гуматов по грануле. При этом важным фактором является сохранение высокой доли водорастворимой формы гуматов в гуматизированных удобрениях.

Комплексные удобрения с гуматами повышают устойчивость сельскохозяйственных культур к негативным погодно-климатическим условиям в частности, к засухе, ухудшению структуры почв. Они могут быть рекомендованы как эффективные агрохимикаты в зонах рискованного земледелия, а также при использовании интенсивных методов земледелия со съемом нескольких урожаев в год для поддержания высокого плодородия почв в частности, в расширяющихся зонах с дефицитным водным балансом и аридных зонах. Высокая агрохимическая эффективность гуматизированной аммофоски (13:19:19) определяется комплексным действием минеральной и органической частей с усилением действия питательных компонентов, прежде всего фосфорного питания растений, улучшением обмена веществ между почвой и растениями, повышением стрессоустойчивости растений.

Левин Борис Владимирович – кандидат технических наук, заместитель ген. директора, директор по технической политике АО «ФосАгро-Череповец»; e-mail: BLevin@phosagro.ru.

Озеров Сергей Александрович – начальник управления анализа рынка и планирования продаж АО «ФосАгро-Череповец»; e-mail: Sozerov@phosagro.ru.

Гармаш Григорий Александрович – заведующий лабораторией аналитических исследований ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка», кандидат биологических наук; e-mail: niicrnz@mail.ru.

Гармаш Нина Юрьевна – ученый секретарь ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка», доктор биологических наук; e-mail: niicrnz@mail.ru.

Латина Наталья Валерьевна – генеральный директор ООО «Биомир 2000», директор производства ГК Сахалинские Гумат; e-mail: green_island@inbox.ru.

Литература

Пол И. Фиксен Концепция повышения продуктивности сельско-

| Таблица 7. Эффективность гуматизированного калийного удобрения КалиГум и стандартного KCl | | | | | | | |
|---|-------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------|--------|-------|
| Варианты опыта | Урожайность | Прибавка урожая | Масса 1000 зерен, г | Содержание в зерне, % | | | |
| | | | | т/га | Азот | Фосфор | Калий |
| Контроль (без удобрений) | 2.17 | - | 38.4 | 2.6 | 0.43 | 0.42 | 14.7 |
| N 90 | 2.48 | 0.31 | 38.6 | 2.6 | 0.40 | 0.40 | 14.6 |
| N90+K120 (KCl) | 2.62 | 0.45 | 38.0 | 2.2 | 0.41 | 0.44 | 12.5 |
| N90+K120 (КалиГум) | 2.76 | 0.59 | 38.1 | 2.4 | 0.43 | 0.42 | 13.8 |
| НСР ₀₅ | 0.21 | | | | | | |

хозяйственных культур и эффективности использования элементов питания растениями // Питание растений: Вестник Международного института питания растений, 2010, №1. – с. 2-7.

Иванова С.Е., Логинова И.В., Танделл Т. Фосфор: механизмы потерь из почвы и способы их снижения // Питание растений: Вестник Международного института питания растений, 2011, №2. – с. 9-12.

Аристархов А.Н. и др. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка и качество продукции зерновых и зернобобовых культур // Агрохимия, 2010, №2. – с. 36-49.

Страпеняни Р.А., Новиков А.И., Стребков И.М., Шапиро Л.З., Кирикой Я.Т. Моделирование закономерностей действия минеральных удобрений на урожай // Вестник с.-х. науки, 1980, № 12. – с. 34-43.

Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. Ленинград: Ги-

дрометиздат, 1985. – 144 с.

Юркин С.Н., Пименов Е.А., Макаров Н.Б. Влияние почвенно-климатических условий и удобрений на расход основных элементов питания урожая пшеницы // Агрохимия, 1978, № 8. – С. 150-158.

Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. М.: Колос, 1992. – 271 с.

Гармаш Н.Ю., Гармаш Г.А., Берестов А.В., Морозова Г.Б. Микроэлементы в интенсивных технологиях производства зерновых культур // Агрохимический вестник, 2011, № 5. – С. 14-16.

Авторы выражают благодарность вице-президенту МИПР по Восточной Европе и Центральной Азии, кандидату биологических наук Ивановой С.Е. за помощь в подготовке статьи.

Эффективное использование фосфорных удобрений в земледелии

Дж. Джонстон, П. Фиксен и П. Поултон

Для разных типов почв двух континентов была проведена оценка эффективности использования фосфора из удобрений растениями. При этом результаты проведенных в Англии полевых опытов были объединены с агрегированными данными, полученными для отдельных штатов США. Проведенное обобщение позволяет сделать вывод о том, что поведение фосфора в почве и его доступность растениям можно охарактеризовать исходя из «простых» закономерностей. Это согласуется с концепцией, предполагающей существование четырех групп неорганических соединений фосфора в почве.

Фосфор – основной элемент, без которого немислимо существование всех живых организмов. При этом доступные запасы фосфатной руды в мире ограничены. Более 80% добываемых фосфатов после переработки используются для производства продуктов питания. Следовательно, от того, насколько рационально используется фосфор в земледелии зависит, как быстро будут исчерпаны мировые запасы фосфатного сырья. Это особенно важно с учетом растущего потребления фосфорных удобрений вследствие увеличения численности населения. Неэффективное использование фосфора в земледелии служит причиной убытков сельхозпроизводителей.

Поведение фосфора в почве

Свой вклад в решение вопроса о повышении эффективности использования фосфора в земледелии внесли Сайерс с соавт. (Syers и др., 2008), которые пересмотрели сложившиеся представления о поведении фосфора в почве. Они доказали, что существовавшая долгое время точка зрения о необратимой фиксации фосфора почвой несостоятельна для большинства типов почв. По мнению авторов, можно выделить четыре группы неорганических соединений фосфора в почве в зависимости от их доступности для поглощения корневой системой растений и извлекаемости из почв при использовании общепринятых аналитических методов (**рис. 1**). Первые две группы – это фосфор почвенного рас-

твора (группа 1: очень малое количество фосфора) и легкодоступный растениям фосфор (группа 2). Данные группы составляют незначительную часть от валового содержания фосфора в почве, и их количественная оценка может быть проведена с помощью стандартных вытяжек, широко используемых при проведении массовых агрохимических анализов.

Доступность и экстрагируемость фосфора различных групп в значительной степени определяется природой и прочностью его связи с органо-минеральными компонентами почвы. Важная особенность, отмеченная на **рис. 1** для первых трех групп, – это обратимость перехода фосфора из одной группы в другую, что ранее было подробно описано в работе Сайерса с соавт. (Syers и др., 2008). Согласно вышеуказанной концепции, существует критический уровень содержания доступного растениям фосфора, который представлен группами 1 и 2. Оптимальная урожайность сельскохозяйственных культур не достигается при содержании доступного растениям фосфора ниже данного критического уровня. С другой стороны, если содержание доступного растениям фосфора превышает указанный уровень, вносить в почву фосфорные удобрения нецелесообразно (неэффективно).

Эффективность использования фосфора из удобрений растениями

Определить точное количество фосфора, поглощенное растениями из удобрений, можно только