

УДК 632.934:631.8 (476)

А. И. Филиппов¹, А. А. Аутко¹, Э. В. Заяц¹, В. П. Чеботарев², И. В. Дубень³¹Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»,
Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ул. Терешковой, 28,
230008 Гродно, Республика Беларусь, +375 (29) 396 29 66, a.fil07@mail.ru²Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, пр. Независимости, 99,
220023 Минск, Республика Беларусь, +375 (29) 639 77 51, v.p.chebotarev@tut.by³Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Министерство образования
Республики Беларусь, ул. Войкова, 21, 225404 Барановичи, Республика Беларусь,
+375 (163) 64 36 37, duben_i_v@mail.ru

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ И ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ К УНИВЕРСАЛЬНОМУ АГРЕГАТУ АУ-М1

В результате исследований были обоснованы конструктивная схема и рабочие органы комбинированной машины для дозирования и ленточного внесения гранулированных удобрений в почву во время нарезания гряд и при уходе за растениями для эффективного выполнения агроприемов экологической направленности. Предварительные исследования показали возможность выполнения данными рабочими органами технологического процесса с учетом предъявляемых агротехнических требований.

Ключевые слова: культиватор; рабочие органы; гранулированные удобрения; оборудование для туков; туковысевающие аппараты; тукопроводы; дозирование удобрений; ленточное внесение.

Рис. 3. Библиогр.: 7 назв.

A. I. Filippov¹, A. A. Autko¹, E. V. Zayats¹, V. P. Chebotarev², I. V. Duben³¹Grodno State Agrarian University, Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,
28 Tereshkova St., 230008, Grodno, the Republic of Belarus, +375 (29) 396 29 66, a.fil07@mail.ru²Belarusian State Agrarian Technical University, Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,
99 Independence Ave., 220023 Minsk, the Republic of Belarus, +375 (29) 639 77 51, v.p.chebotarev@tut.by³Baranovichi State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus,
21 Voikov St., 225404 Baranovichi, the Republic of Belarus, +375 (163) 64 36 37, duben_i_v@mail.ru

THE EQUIPMENT FOR DOSING AND BAND FERTILIZATION TO THE AU-M1 UNIVERSAL UNIT

As a result of the studies, the constructive scheme and working bodies of the combined equipment for dosing and banding granular fertilizers into the soil at cutting seed rows and handling plants for the efficient implementation of environmental friendly agricultural methods were substantiated. Preliminary studies have shown that these operating devices can carry out the technological process taking into account the agrotechnical requirements.

Keywords: cultivator; operating devices; granular fertilizers; equipment for fertilizers; fertilizer distributor; fertilizer hoses; fertilizer dosing; band fertilization.

Fig. 3. Ref.: 7 titles.

Введение. Переход сельскохозяйственного производства к системе экологического земледелия является определяющим фактором в получении экологически безопасной продукции. Одним из действенных агроприемов в системе экологического земледелия является оптимизация минерального питания возделываемых растений и, в частности, картофеля и овощных культур.

Применение удобрений в настоящее время достигло значительных размеров: в среднем вносится около 200 кг минеральных удобрений на каждый гектар пашни. Удельный вес удобрений в общих затратах при производстве сельскохозяйственной продукции, рассчитанный по энергетическим эквивалентам, составляет 37 %. В то же время большое количество питательных веществ, вносимое в виде удобрений путем разбросного внесения, вымывается из почвы или переходит в трудноусвояемую для растений форму. Таким образом, на эффективность использования удобрений значительное влияние оказывает способ их внесения.

В этой связи практическую значимость представляет изучение способов внесения гранулированных органо-минеральных удобрений ленточным способом в узкопрофильные гряды. Для комплексного решения этой проблемы целесообразны разработка конструкции и использование устройства для ленточного внесения гранулированных органо-минеральных удобрений в почву в процессе формирования узкопрофильных гряд с учетом способа размещения в почве посадочного материала.

На основании проведенных исследований во многих научных учреждениях были доказаны преимущества внутрпочвенного ленточного внесения удобрений до посева (при нарезании гряд) или в период посева или посадки [1; 2]. Исследователями был установлен ряд факторов, которые способствовали более эффективному результату при ленточном внесении удобрений [3].

Основные преимущества ленточного внесения удобрений:

- 1) удобрения концентрируются в зоне расположения корневой системы;
- 2) повышается коэффициент использования элементов питания удобрений, в том числе азота на 10...15 %, фосфора на 5...10 %, калия на 10...19 % по сравнению с разбросным способом;
- 3) создается сбалансированная экосистема почвы за счет точно дозированного количества вносимых препаратов в зону омоложения корневой системы;
- 4) стимулируется рост и развитие корневой системы, особенно за счет их высевальной способности, в результате увеличивается площадь их поглощающей способности;
- 5) выдерживается положительный баланс элементов питания в пределах поля;
- 6) осуществляется внесение удобрений на каждый участок поля в необходимом количестве. Не происходит избыточного внесения удобрений и их непроизводительных потерь;
- 7) возрастает динамика накопленных сухих веществ, увеличивается урожайность;
- 8) экономия удобрений составляет от 5 до 40 %.

Проведенные исследования с зерновыми культурами показывают [4; 5], что внесение удобрений ленточным способом на глубину 2 см ниже глубины посева является эффективным. По мере прорастания семян корни опускаются вниз за поиском влаги и питательных веществ. Так как в этой зоне влажность почвы выше, то питательные вещества усваиваются значительно быстрее. Напротив, та часть удобрений, которая расположена в верхнем сухом слое почвы, будет продолжительное время недоступна для растений. В случае обильного выпадения осадков внесенные удобрения в верхнем слое растворяются, и корневая система развивается преимущественно в верхнем слое, что отрицательно сказывается в последующие периоды роста и развития растений, особенно в засушливые периоды.

Рядом исследований установлено, что часть корневой системы лучше развивается в зоне расположения удобрений, внесенных ленточным способом. Корни лучше развиваются в тех внутрпочвенных зонах, где присутствует необходимая концентрация удобрений. Растения поглощают питательные элементы через корневую систему посредством их передвижения потока частиц с движением воды, поэтому внесенные удобрения в более влажную почву быстрее поступят в растения.

Был изучен научный материал в специализированных научных изданиях и патентах о значении и эффективности внесения удобрений ленточным способом под картофель и овощные культуры. Также исследования проводились на опытном поле учреждения обра-

зования «Гродненский государственный аграрный университет» [3; 4]. Схема посадки: междурядья 75×75 см, шаг посадки (расстояние между клубнями в рядах) — 30...35 см. Посадка картофеля осуществлялась в предварительно сформированные узкопрофильные гряды высотой 18 см и шириной в верхней части 20 см. Норма удобрений рассчитывалась с учетом имеющихся показателей содержания элементов питания в почве и планируемой урожайности. Защита растений картофеля и овощных культур осуществлялась на основе применения биопрепаратов. Расчет конструкции устройства для ленточного внесения минеральных удобрений проводился с учетом использования в составе комбинированной универсальной машины.

Изготовленное устройство и рабочие органы были размещены на комбинированном универсальном агрегате АУ-М1, на базе которого и были проведены предварительные полевые испытания экспериментального образца [6; 7].

Основная часть. Внесение удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур может производиться в разные сроки и разными способами. Сроки и приемы внесения удобрений должны обеспечивать наилучшие условия питания растений в течение всей вегетации и получение наибольшей окупаемости питательных веществ урожаем. В зависимости от сроков внесения удобрений выделяют [1]:

- основное (допосевное) внесение, которое подразумевает глубокую заделку плугом или комбинированными машинами;
- припосевное, проводимое одновременно с заделкой в почву семян или при посадке семян в лунки, рядки или гнезда;
- корневая подкормка с заделкой в почву или без нее с последующим поливом во время активного роста;
- некорневая подкормка, подразумевающая опрыскивание растений слабыми растворами удобрений в период вегетации растений.

Основное внесение удобрений проводится осенью или весной в зависимости от почвенных и погодных условий и снабжает растения полезными веществами на весь период их роста и развития. Цель основного удобрения — обеспечить питание растений в течение всего периода вегетации.

В основное удобрение до посева вносят навоз (и другие органические удобрения) и, как правило, большую часть общей нормы применяемых под данную культуру минеральных удобрений. До посева удобрения, как правило, вносят разбросным способом с помощью разбрасывателей минеральных и органических удобрений.

Основное фосфорно-калийное удобрение вносят преимущественно осенью и заделывают под глубокую зяблевую вспашку. При этом удобрения попадают в более влажный и менее пересыхающий слой почвы, где развивается основная масса деятельных корней.

Азотные удобрения до посева при орошении и в районах с большим количеством осадков, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах, необходимо вносить весной с заделкой под предпосевную обработку почвы. При этом ограничивается возможность потерь нитратного азота удобрений (а также нитратов, образующихся при нитрификации аммонийных, аммиачных форм азотных удобрений и мочевины) вследствие вымывания и миграции из корнеобитаемого слоя почвы. На тяжелых почвах в районах с ограниченным количеством осадков в осенне-зимний период аммонийные твердые, жидкие аммиачные удобрения и мочевины можно вносить с осени.

На легких почвах, обладающих малой емкостью поглощения, калийные удобрения целесообразно (во избежание потерь калия от вымывания) вносить вместе с азотными удобрениями весной под культивацию, а под пропашные культуры часть этих удобрений переносить в подкормку.

Перспективным способом применения удобрений до посева, особенно суперфосфата, является локальное ленточное внесение, при этом фосфор суперфосфата меньше закрепляется в почве и лучше усваивается растениями.

Припосевное удобрение обеспечивает питание молодые растения в период, когда у них еще не имеется мощной корневой системы, поэтому полезные вещества ими плохо усваиваются. В этом случае обычно используют небольшую дозу удобрения, чтобы избежать накопления большой концентрации питательных органических и неорганических элементов в почве, что может отрицательно сказаться на неокрепших растениях. Для всех сельскохозяйственных культур особенно большое значение имеет внесение в рядки гранулированного суперфосфата, так как в начальный период роста растения особенно чувствительны к недостатку фосфора. В качестве припосевного удобрения обычно применяют суперфосфат или аммофос.

Под картофель, кукурузу и некоторые другие культуры вместе с суперфосфатом при посеве вносят также небольшие дозы азотных и калийных удобрений либо применяют комплексные удобрения. Под культуры, чувствительные к высокой концентрации питательных веществ вблизи корней (например, кукурузу), лучше вносить их на некотором расстоянии, 2...3 см сбоку или ниже семян, для того чтобы семена отделялись от удобрений прослойкой почвы. Питательные вещества из удобрений, внесенных в рядки или гнезда на глубину посева семян, используются большинством растений только в первый период роста, поэтому доза их должна быть невысокой — порядка 7...15 кг действующего вещества (д. в.) на 1 га. При внесении в лунки или в борозды удобрений под картофель и томаты питательные вещества могут использоваться более длительное время, особенно при достаточной влажности почвы. Дозы припосадочного удобрения под эти культуры могут быть увеличены до 20...30 кг д. в.

Припосевное удобрение, рассчитанное главным образом на обеспечение растений легкодоступными формами элементов питания в начальный период их жизни, имеет большое значение и для последующего развития растений. Благоприятные условия питания с начала вегетации способствуют формированию у молодых растений более мощной корневой системы, что обеспечивает в дальнейшем лучшее использование элементов питания из почвы и основного удобрения.

Благодаря рядковому внесению удобрений растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и болезнями, лучше подавляют сорную растительность. Припосевное местное внесение небольших доз минеральных удобрений — наиболее эффективный способ их применения, обеспечивающий более высокие прибавки урожая на каждый центнер удобрения. Особенно эффективно применение в рядки гранулированного суперфосфата и аммофоса.

При систематическом применении высоких норм удобрений содержание подвижных форм элементов питания в почве, в том числе фосфора, постепенно возрастает, эффективность действия рядкового удобрения может снижаться. Рядковое применение суперфосфата имеет важное значение при выращивании зерновых и других культур в засушливых климатических условиях, где используется ограниченное количество минеральных удобрений, а фосфор является элементом, находящимся в первом минимуме.

Подкормки проводятся в целях улучшения питания культур в определенные периоды их развития и возмещения недостающего в почве микроэлемента. Подкормки в период вегетации применяют в дополнение к основному и припосевному удобрению в целях усиления питания растений в периоды наиболее интенсивного потребления ими питательных веществ. При подкормке нужно количество минеральных удобрений, преимущественно азотистых, необходимо растворить в большом объеме воды и полить полученным раствором участок. Нужно учитывать, что чем в большем количестве воды растворено удобрение, тем равномернее оно будет распределено по участку.

На легких почвах в увлажненных районах с высоким уровнем грунтовых вод для пропашных культур целесообразно перенесение части азотных и калийных удобрений в подкормку, особенно при высоких нормах внесения. При этом действие удобрений, внесенных

в подкормку при неглубокой заделке в междурядья пропашных культур, в сильной степени зависит от условий увлажнения в течение вегетации.

В увлажненных районах или при орошении эффективность подкормки значительно выше, чем в районах с недостатком влаги. Наиболее целесообразны для подкормки легко-растворимые азотные удобрения, а также богатые азотом местные органические удобрения — навозная жижа, птичий помет и др. Роль подкормок возрастает, если по каким-либо причинам удобрения до посева не применялись либо вносились в недостаточном количестве. В подкормку удобрения вносят поверхностно вразброс (ранневесенняя подкормка озимых, подкормка клевера и других многолетних кормовых культур, льна) или в междурядья пропашных и овощных культур с заделкой в почву при последующей междурядной обработке культиваторами-растениепитателями.

В засушливых районах без орошения и в годы с недостаточным количеством осадков подкормки могут не оказать положительного действия на урожай либо даже снизить его. Для большинства культур чаще всего применяют основное удобрение в сочетании с припосевным. При ограниченном количестве минеральных удобрений в хозяйстве целесообразно прежде всего предусмотреть внесение удобрения наиболее экономичным способом — местно (в рядки или гнезда) при посеве и нарезании гряд, формировании гребней.

Локальное внесение удобрений позволяет производить заделку удобрения на заданную глубину, в результате чего появляется возможность размещать удобрения в пределах слоя почвы, где располагаются корни, что делает их легкодоступными для усвоения. При локальном внесении удобрений создаются благоприятные условия для поглощения питательных веществ растениями из удобрений и их передвижения.

Внутрипочвенное локальное внесение удобрений разделяется на следующие виды: рядковое, основное (ленточное), гнездовое внесение, а также междурядную, корневую подкормку и т. д. При локальном внесении основного удобрения питательные элементы не перемешиваются с почвой, находятся ближе к питающей части корневой системы и используются более эффективно. Повышенное содержание аммонийного азота в ленте удобрений замедляет нитрификацию и способствует сокращению потерь азота за счет вымывания нитратов из корнеобитаемого слоя. В результате уменьшается контакт удобрений с почвой, что затрудняет переход фосфора в труднодоступное состояние и способствует его более полному усвоению растениями. При локальном внесении удобрений коэффициент использования растениями азота из удобрений возрастает на 10...15 %, фосфора на 5...10 %, калия на 10...12 % по сравнению с разбросным внесением.

Из общего очага удобрений элементы питания и микроэлементы мигрируют с разной скоростью. Скорость передвижения питательных элементов зависит также от состава почвы. Наиболее подвижны нитраты, менее — молибден, аммонийный азот и обменный калий, слабее перемещается фосфор. На связанных почвах обычно передвижение элементов питания из очага удобрений завершается в основном в течение первых 2...3 недель.

На дерново-подзолистых суглинистых почвах передвижение аммонийного азота и калия от центра очага удобрений в горизонтальном и вертикальном направлениях не превышает 6...7 см. Нитратный азот распространяется по всему пахотному горизонту, радиус распространения фосфора — 2...3 см. На супесчаных и песчаных почвах радиус зоны передвижения фосфора — 3...4 см, калия — 10 см. Нитраты распространяются так же, как и в связанных почвах.

Есть сведения о том, что локальный способ внесения удобрений активизирует микробиологическую деятельность сильнее, чем разбросной. В обогащенных питательными элементами зонах лучше развивается корневая система растений. Отмечается положительное влияние локального внесения удобрений на динамику накопления сухого вещества и поступления питательных элементов в растения, что способствует ускоренному развитию растений.

Нельзя располагать удобрения в непосредственной близости от семян, но и далеко располагать не рекомендуется. Ленточное внесение удобрений одновременно с посевом (посадкой) наиболее предпочтительно, так как обеспечивает фиксированное размещение удобрений относительно посадочных рядков и равномерное распределение их на площади питания отдельных растений. Оптимальное размещение лент основного удобрения при посадке корнеплодов — на 5...6 см в сторону и на 2,5...7,5 см глубже семян.

Эффективность локального внесения удобрений зависит от метеорологических условий, гранулометрического состава почвы и уровня ее плодородия, биологических особенностей выращиваемых культур, форм удобрений и глубины их заделки. Наиболее отзывчивой культурой на локальное внесение удобрений является картофель.

Повышение коэффициента использования питательных элементов при локальном внесении удобрений позволяет снижать по сравнению с разбросным способом дозы удобрений на 25...30 %. Нередко внесение половинной дозы удобрений локальным способом обеспечивает такой же урожай и вынос питательных элементов, как и при полной дозе вразброс.

Действие твердых и жидких форм комплексных удобрений при локальном внесении примерно одинаково. Гранулированные комплексные удобрения оказались более эффективными, чем туковые. Более высокая прибавка урожая наблюдалась при локальном внесении фосфора вместе с азотом, а еще выше — при сочетании сразу трех главных элементов питания.

Эффективность локального внесения во многом определяется растворимостью фосфатного компонента. В этом отношении при внесении под картофель лучше всех оказались нитроаммофоска, нитроаммофос, карбоаммофос.

На передвижение веществ также влияют свойства самой почвы и качество удобрений. Например, по тяжелым глинистым и суглинистым почвам удобрения проходят очень медленно, значительно медленнее, чем по легким песчаным. Но следует учитывать, что чем легче удобрения передвигаются по почве, тем сильнее опасность, что они окажутся за пределами корнеобитаемого слоя. Поэтому глинистые почвы подкармливают реже, чем песчаные, но применяют при этом максимальные дозы.

Существуют следующие общие правила проведения подкормок, которые необходимо учитывать при внесении удобрений:

- 1) при корневой подкормке удобрение вносится в непосредственной близости от корневой системы растения (в бороздки вдоль ряда культуры или вокруг нее);
- 2) при опрыскивании во время корневой подкормки концентрация раствора вносимого удобрения не должна превышать 1 %, иначе могут появиться ожоги листьев;
- 3) удобрения должны обладать хорошей растворимостью в воде;
- 4) смешивать удобрения необходимо в соответствии с рекомендуемыми в инструкции правилами, иначе в полученной смеси могут произойти процессы, ведущие к потере питательных веществ — выделение аммиака, переход веществ в менее усвояемую форму или увеличение гигроскопичности, при которой удобрение быстро становится непригодным;
- 5) перед тем как проводить удобрение или подкормку почвы, следует произвести ее анализ в агрохимической лаборатории с определением уровня обеспеченности почвы питательными веществами, в первую очередь фосфором и калием.

Если почва имеет высокий уровень обеспеченности полезными элементами, то дозировку удобрения нужно уменьшить, если низкий — увеличить. При повышенном уровне обеспеченности почвы питательными веществами составляет 12...16 мг фосфора и 11...14 мг калия, при высоком уровне — 16...20 мг фосфора и 15...18 мг калия. В глубоком слое почвы (20...40 см) фосфора должно содержаться в 2 раза меньше, а калия — в 1,5 раза меньше, чем в верхнем слое земли. Учитывая эти данные, при обеспеченности почвы фосфором и калием ниже среднего уровня дозу удобрения увеличивают в 2 раза, при

при среднем и повышенном уровне — в 1,2...1,5 раза, а при высоком (более 40 мг на 100 г почвы) — уменьшают в 2 раза.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований была обоснована конструктивная схема и рабочие органы комбинированной машины для дозирования и ленточного внесения гранулированных удобрений в предпосадочный и предпосевной периоды и установлена эффективность внесения минеральных удобрений ленточным способом при возделывании картофеля и овощных культур.

Экспертный образец комбинированной машины для ленточного внесения гранулированных удобрений в предпосадочный и предпосевной периоды включает в себя рыхлительные лапы 1 с копьевидными наральниками и пружинными S-образными и жесткими стойками, дисковые гребнеобразователи 2, грядкопрофилирующий каток 3, окучивающие лемешно-отвальные корпуса 4, оборудование для туков 5, раму 7 с устройством для навески 8, опорно-приводные колеса 9 с редуктором 6 и винтовой регулятор 10 (рисунок 1). Представим также схему расположения рабочих органов комбинированной машины с устройством для внесения биопрепаратов и гранулированных удобрений в почву при формировании узкопрофильных гряд (рисунок 2) и оборудование для гранулированных удобрений (рисунок 3).

Бункер объемом 0,045 м³ сверху закрыт крышкой 4 (см. рисунок 3). В нижней части бункера имеется крышка опорожнителя 5. Внутри бункера установлен высевающий механизм 2. По краям высевающего механизма в дне бункера имеются два отверстия, закрытые доньшками 6 для устранения самовысыпания удобрений.

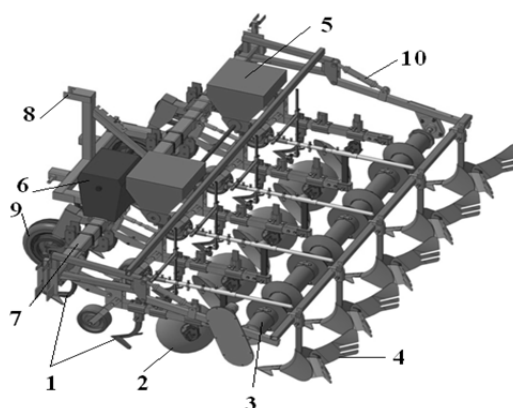
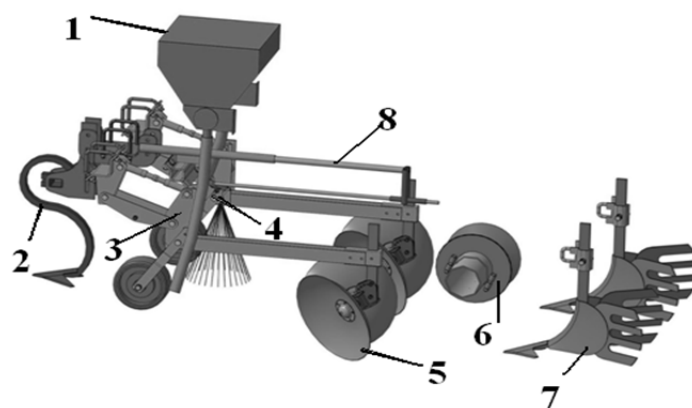
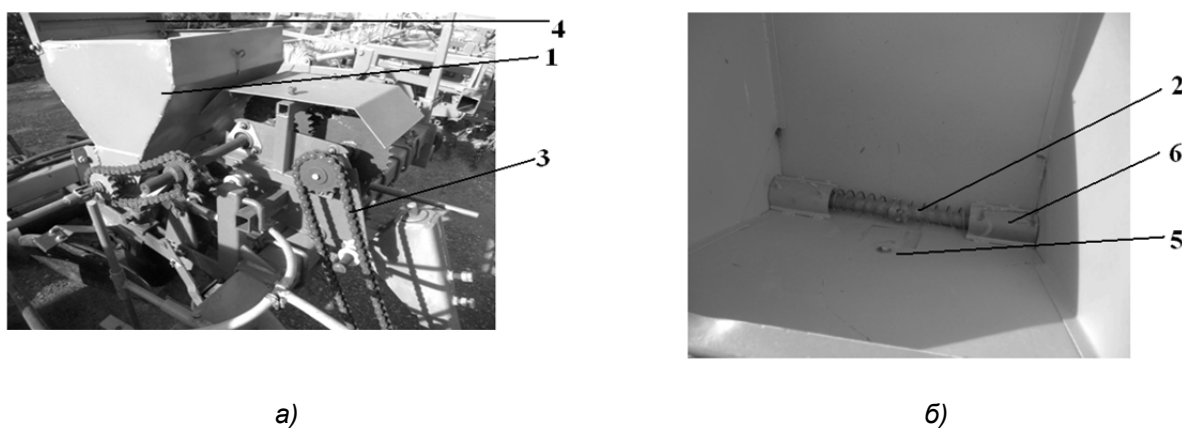


Рисунок 1. — Общий вид комбинированной машины для внесения гранулированных удобрений и формирования гряд



1 — бункер для гранулированных органо-минеральных удобрений; 2 — рыхлительные лапы; 3 — рабочая секция; 4 — распределитель; 5 — гребнеобразующие диски; 6 — грядкопрофилирующий каток; 7 — окучивающие лемешно-отвальные корпуса; 8 — телескопическое устройство

Рисунок 2. — Схема расположения рабочих органов комбинированной машины с устройством для внесения биопрепаратов и гранулированных удобрений в почву при формировании узкопрофильных гряд



1 — бункер; 2 — высевающий механизм; 3 — механизм привода; 4 — крышка;
5 — крышка опорожнителя; 6 — кожух

**Рисунок 3. — Оборудование для внесения гранулированных удобрений:
общий вид (а); вид внутри бункера (б)**

Высевающий механизм представляет собой вал, на который надеты две спиральные пружины с левой и правой набивками. Бункер туковысевающего аппарата крепится на раме машины с помощью кронштейна. Вал высевающего механизма приводится в движение от опорно-приводных колес посредством цепных передач и редуктора.

При рабочем движении агрегата пружины выносят удобрения из бункера к выгрузным окнам, от которых они попадают через тукопроводы на рассеиватели и заделываются в почву дисковыми гребнеобразователями.

Дозу высева в пределах от 50 до 750 кг / га регулируют путем изменения передаточного числа редуктора. При проведении опытов работали в диапазоне доз 250...350 кг / га. Передаточное отношение привода при этом составляло 0,681...0,929.

Заключение. Проведенные поисковые опыты разработанных рабочих органов и комбинированной машины в целом показали, что рабочие органы обеспечивают дозирование гранулированных удобрений и заделку их в почву согласно агротехническим требованиям. В результате выполнения опытно-конструкторских исследований была проведена модернизация туковысевающего аппарата и его привязка и расположение на комбинированном универсальном агрегате АУ-М1.

Данное решение расширяет функциональность агрегата и создает возможность дополнительно осуществлять внесение основных минеральных удобрений ленточным способом в формируемых узкопрофильных грядках с шириной ленты 30...35 мм.

Возможно внесение гранулированных органических удобрений локальным способом. Также имеется возможность внесения удобрений в виде подкормки растений при междурядной обработке почвы. Можно вносить минеральные удобрения одновременно к корневой системе растений и некорневой на листовую поверхность.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований были обоснованы конструктивная схема и рабочие органы комбинированной машины для дозирования и ленточного внесения гранулированных удобрений в почву во время нарезания гряд и при уходе за растениями в режиме экологического земледелия, предварительные исследования которых показали возможность выполнения ими технологического процесса с учетом предъявляемых агротехнических требований.

Список цитируемых источников

1. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э. В. Заяц [и др.] // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы : сб. науч. ст. — Гродно : ГГАУ, 2017. — С. 83—89.
2. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии / Э. В. Заяц [и др.]. // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. — Гродно : ГГАУ, 2017. — С. 182—184.
3. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой / Н. Д. Лепешкин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». — Минск, 2017. — С. 100—113.
4. Изыскание рабочих органов и типов машин для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э. В. Заяц [и др.] // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию А. П. Тарасенко : в 2 ч. — Воронеж, 2017. — Ч. 2. — С. 219—227.
5. Разработка агрегата и рабочих органов для обработки почвы при экологическом земледелии / А. А. Аутко [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию А. П. Тарасенко. — Рязань : ФГБОУ ВО «РГАУ им. П. А. Костычева», 2018. — С. 14—19.
6. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия / А. А. Аутко [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения акад. М. Е. Мацепуро. — Минск, 2018. — С. 28—32.
7. Профилеформователь с уплотняющим катком / Э. В. Заяц [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XXII Междунар. науч.-практ. конф. — Гродно : ГГАУ, 2019. — С. 192—194.

Поступила в редакцию 02.03.2020