

УДК 633.15:631.82:631.816.3

А. С. Добышев, Н. И. Скакун, Ю. О. Горностаев

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ОДНОВРЕМЕННО С ПОСЕВОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

Приведён анализ разбросного и локального способов внесения минеральных удобрений, описаны недостатки и преимущества, а также возможность их использования при возделывании кукурузы в условиях Республики Беларусь. Технология локального внесения минеральных удобрений при посеве кукурузы является не только значительным резервом экономии ресурсов, но и средством избежания избыточного уплотнения почвы. Предложена конструкция устройства для локального внесения минеральных удобрений, в том числе и жидких, при посеве кукурузы.

**Введение.** Государственная программа устойчивого развития села на 2011—2015 годы предусматривает техническое переоснащение агропромышленного комплекса с переходом на адаптивные ресурсосберегающие технологии. Приоритетными являются научные исследования, направленные на разработку новейших технологий производства для обеспечения устойчивого роста эффективности сельского хозяйства [1].

Получение высокого и устойчивого урожая сельскохозяйственных культур в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв находится в прямой зависимости от уровня плодородия почв и объёмов вносимых удобрений [2].

Минеральные удобрения должны обеспечивать максимальную отдачу в виде прибавки урожайности сельскохозяйственных культур. Ресурсосберегающая система в нашей стране построена таким образом, чтобы компенсировать вынос элементов питания и обеспечить хотя бы минимальное повышение запасов фосфора и калия в почвах.

Таким образом, одним из направлений сокращения потребления энергоресурсов является создание комбинированных агрегатов, выполняющих за один проход несколько операций [2]. Целью данных исследований является анализ способов внесения минеральных удобрений, определение

их влияния на рост и развитие растений кукурузы с созданием устройства для локального внесения минеральных удобрений одновременно с посевом.

**Методология и методы исследования.** Для оценки способов внесения минеральных удобрений, а также разработки устройства для их осуществления были использованы литературные источники, материалы научных конференций и интернет-ресурсы, посвящённые решению данной проблемы. Исследования проводились путём сравнения и логического анализа различных способов внесения минеральных удобрений при возделывании кукурузы, учитывая особенности данной культуры.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Выбор рациональных способов внесения удобрений является важным фактором, определяющим возможность быстрого доступа питательных веществ к корневым системам растений. Для повышения производительности труда и снижения энерго- и трудозатрат внесение удобрений желательно совмещать с другими видами работ [3].

Кукуруза требует повышенного минерального питания, что связано прежде всего с продолжительным вегетационным периодом и способностью растений усваивать

питательные вещества почти до самого завершения созревания зерна.

Вследствие особенностей роста и развития кукуруза предъявляет особые требования к обеспечению питательными веществами. В первые два месяца кукуруза растёт очень медленно, поэтому в ранние фазы роста необходимо поддерживать обеспечение питательными веществами поверхностных слоёв почвы, где находятся корни. У молодых растений корни в начале вегетации развиваются медленно и в основном неглубоко, в верхнем слое почвы. Питательные вещества в это время усваиваются кукурузой плохо, поэтому следует вносить удобрения в легкорастворимой форме [4].

При недостатке азота в ранний период развития кукурузы замедляется рост и образование хлорофилла, снижается интенсивность фотосинтеза, формируются мелкие листья, которые приобретают бледно-зелёную и жёлто-зелёную окраску и преждевременно отмирают, что отрицательно сказывается на продуктивности и качестве зерна.

При недостатке фосфора рост культуры заметно задерживается, листья приобретают фиолетово-пурпурную окраску, запаздывают фазы цветения и созревания, образовавшиеся початки имеют уродливые формы и искривлённые ряды зёрен. Следует учесть, что недостаток фосфора в начале вегетации

нельзя компенсировать внесением его в более поздний период. Избыточное фосфорное питание задерживает ростовые процессы, но ускоряет развитие растений, снижая при этом урожай зелёной массы и зерна [5].

Корневая система у кукурузы мочковатая, состоит из нескольких ярусов. Зерно прорастает одним зародышевым корешком, от которого ответвляются боковые зародышевые корни (рисунок 1), составляющие первый ярус корневой системы.

Из первого узла подземной части стебля образуются первичные корни (второй ярус корневой системы). Из других подземных узлов стебля образуются узловые корни (третий ярус корневой системы). Из надземных узлов, находящихся у поверхности почвы, образуются опорные (воздушные) корни, которые, углубляясь в почву, обеспечивают устойчивость растений. При окучивании растений воздушные корни образуют дополнительную мочковатую систему, принимающую участие в питании [6].

Сравнительная эффективность того или иного воздействия на растения и почвенную среду (в нашем случае — разбросного и локального применения удобрений) в принципе обуславливается соотношением присущих каждому из них позитивных и негативных сторон. В качестве положительного момента технологии разбросного внесения удобрений часто указывается более высокая производительность

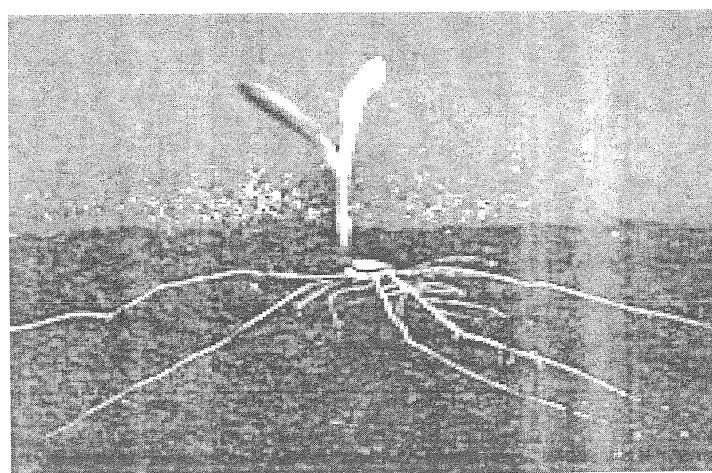


Рисунок 1 — Растение кукурузы, стадия двух листьев

применяемой для этого наземной техники и авиации. Но данная технология имеет значительное количество недостатков, в числе которых, например, неравномерность распределения удобрений по поверхности почвы, что не должно превышать 5...15%. Применяемые для этого технические средства такой равномерности не обеспечивают. Подобная пестрота в распределении удобрений приводит к несинхронному росту и развитию растений, полосному их полеганию при достаточном и избыточном увлажнении, неравномерному воздействию на почвенную среду. Конечным результатом такого способа внесения удобрений, как правило, является снижение продуктивности и качества урожая. Положение усугубляется ограниченностью набора средств для последующей заделки внесённых удобрений: культиватор, борона, плуг. В случае применения первых двух до 50...80% гранул удобрений остаётся в слое почвы на глубине 0...2 см и до 100% — на глубине 0...6 см. При таком распределении резко снижается позиционная доступность элементов питания для корневых систем растений. В условиях весенней засухи, когда преобладает восходящий ток влаги, миграция элементов питания и рост корней молодых растений вообще имеют противоположную направленность [7].

Характер распределения удобрений в почве в значительной мере определяет интенсивность и соотношение процессов мобилизации и иммобилизации азота удобрений, а отсюда и степень их использования растениями. Локальное применение удобрений сводит к минимуму их контакт с почвой, что способствует более длительному сохранению элементов питания в доступной для растений форме [8].

Разбросное внесение азотных удобрений и перемешивание их с верхним слоем почвы может приводить к значительным газообразным потерям азота, которые, по имеющимся данным, могут составлять 15...30% от внесённого количества удобрений [7].

Перемешивание удобрений с большим объёмом почвы также способствует переходу части элементов питания в недоступное рас-

тением состояние и более интенсивному усвоению удобрений микрофлорой. Последнее может приводить к обострению конкурентных отношений за элементы питания между растениями и микроорганизмами почвы. Все вышеперечисленные недостатки поверхностного разбросного внесения удобрений, в конечном счёте, определяют относительно невысокую их агрохимическую, экологическую и энергетическую эффективность.

По данным многих исследований, неравномерность распределения удобрений по поверхности и профилю почвы при разбросном внесении рассматривается как негативный фактор. В то же время локальное внутрипочвенное размещение удобрений целиком и полностью основано на неравномерном его распределении в корнеобитаемой среде. К данному способу, вернее к различным его модификациям, подходит определение «равномерная неравномерность». В идеале каждое растение агроценоза должно воспринимать эту гетерогенность в одно и то же время, что позволит избежать пестроты в их росте и развитии, т. е. размещение удобрения должно быть строго ориентировано относительно семян и растений в пространстве [7].

Известно, что наряду с процессом минерализации органического вещества почвы под влиянием азота удобрений одновременно идёт и его иммобилизация за счёт поглощения микрофлорой и связывания аммиака почвой. На степень её проявления способы внесения азотных удобрений также оказывают определённое влияние. Эти различия чётко проявляются уже после нескольких дней взаимодействия азотных удобрений с почвой. Так, при перемешивании сульфата аммония со слоем почвы 0...10 см через 4 дня 21,2% азота удобрения находилось в органической форме, через 14 дней — 24,9% [7]. В то же время при ленточном внесении удобрения на глубину 10 см данные составили 10,0 и 14,3% соответственно. В менее выраженной форме различия по степени иммобилизации азота удобрения в зависимости от способа его внесения сохранялись до конца вегетации растений.

Способы внутрпочвенного локального внесения удобрений отличаются значительным разнообразием. К наиболее известным и широко применяемым в производстве относится внесение небольших доз удобрения, чаще всего фосфорного, вместе с семенами во время посева. По многочисленным данным, полученным в различных почвенно-климатических условиях, такое внесение удобрений обеспечивает их окупаемость прибавочным урожаем [7].

В ряде работ показано, что локализация азотных удобрений приводит к более интенсивному образованию экстра-азота [9], [10]. При этом указывается на несколько путей формирования фонда экстра-азота в почве: химический (как результат воздействия высокой концентрации на почву), биохимический (разложение органического вещества микробиологически) и физиологический (как результат повышения поглотительной способности корней низкосолевого статуса вследствие контакта высокосолевых корней с очагом удобрения).

Зона размещения удобрения, составляющая незначительную часть корнеобитаемой среды растения, характеризуется экстремально высоким осмотическим потенциалом, более интенсивно протекающими физико-химическими и биологическими процессами трансформации элементов питания и органического вещества почвы. Направленность и напряжённость протекающих в очаге процессов во многом определяются составом вносимого удобрения, свойствами почвы, а также функциональной активностью корневой системы растений. Гетерогенность почвы при локальных способах внесения удобрения является причиной морфофизиологической дифференциации корневой системы растений, оказывающей существенное влияние на ключевые функции растений и продукционный процесс [7].

Итак, при локальном размещении удобрения в почве формируется очаг с повышенным содержанием доступных форм элементов минерального питания, во взаимодей-

ствии с которым входят лишь отдельные корни растения, условно называемые высокосолевыми. В случае локального внесения трёх основных макроэлементов (азота, фосфора и калия), характеризующихся различной миграционной способностью, степенью трансформации и использования их растениями и почвенной микрофлорой, формируется широкий спектр статусов корней. Одни из них функционируют в условиях повышенного содержания всех трёх элементов, другие — нитратного и аммонийного азота (рисунок 2). Солевой статус одного и того же корня может существенно различаться и по его оси. Изменяется не только сила воздействия, но и её качество ввиду резкого смещения во времени соотношения элементов питания в очаге в пользу фосфора и калия. Поэтому часть корней растения или отдельно взятый корень продолжительный период времени функционирует в условиях повышенных концентраций лишь этих двух элементов питания. Представляется, что многообразие солевых статусов корней растений при локальном применении удобрений является важным фактором в использовании ресурсов питания и влаги растениями в ходе продукционного процесса [7].

Локальное внесение удобрений усиливает способность сельскохозяйственных культур противостоять засухе, значительно снижает недобор урожая, положительно влияет на отложение запасных веществ. Водопотребление растений на единицу продукции при локальном внесении снижается на 10...15% [4].

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, как и при полной дозе вразброс. Действие твёрдых и жидких форм комплексных удобрений при локальном внесении примерно одинаково. Гранулированные комплексные удобрения более эффективны, чем туковые.

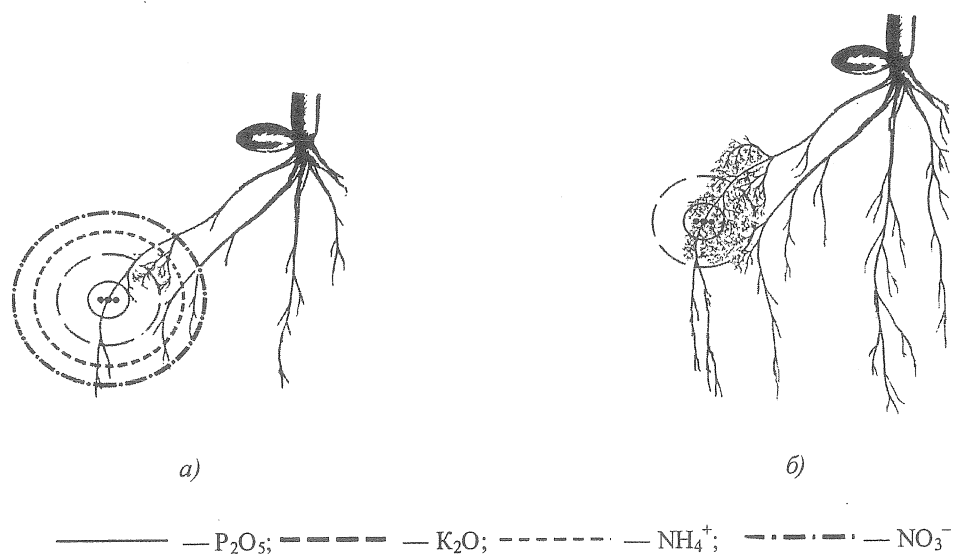
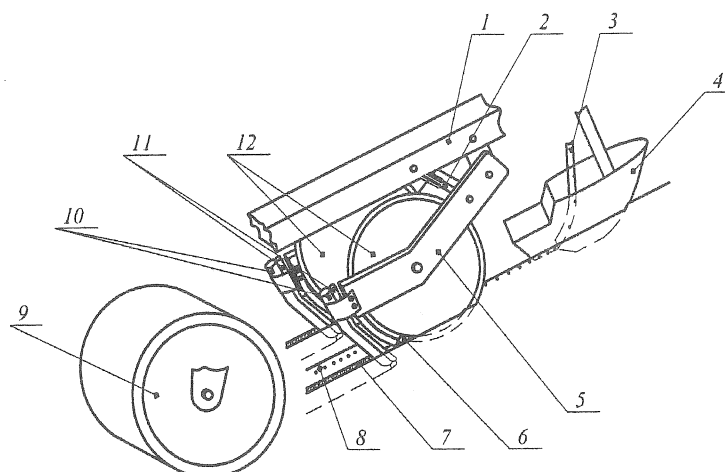


Рисунок 2 — Многообразие солевых статусов корней растений при локальном применении NPK на начальных (а) и заключительных (б) этапах онтогенеза [7]

Более высокая прибавка урожая наблюдается при локальном внесении фосфора вместе с азотом, а ещё выше — при сочетании сразу трёх главных элементов питания. Превышение оптимальных доз удобрений при локальном внесении снижает урожай более существенно, чем при разбросном. В связи с этим ленточное внесение предъявляет высокие требования

к качеству распределения удобрений по равномерности их высева и устойчивости их дозирования [3], [10].

Для строго ориентированного размещения минеральных удобрений в почве при посеве кукурузы предлагается устройство для локального внесения минеральных удобрений (рисунок 3), расположенное между сошником и прикатывающим катком.



1 — рама; 2 — пружина; 3 — семяпровод; 4 — сошник; 5 — кронштейн; 6 — чистик; 7 — щель; 8 — бороздка с семенами; 9 — прикатывающий каток; 10, 11 — тукопроводы для твёрдых и жидких минеральных удобрений; 12 — дисковые ножи

Рисунок 3 — Устройство для локального внесения минеральных удобрений при посеве кукурузы

С помощью устройства можно вносить повышенные дозы минеральных удобрений с небольшой почвенной прослойкой с двух сторон рядка. Это позволяет избежать отрицательного влияния повышенной концентрации солей на всхожесть и прорастание семян, так как основное минеральное удобрение, применяемое в более высоких дозах, требует большей пространственной изоляции от семян. Удобрения нельзя располагать в близком контакте с семенами, поэтому ленты удобрений, вносимые тукопроводами 10 и 11 для твёрдых и жидких минеральных удобрений в щель 7, которую образуют дисковые ножи 12, располагаются на 2...3 см ниже глубины заделки семян и на 3...5 см в сторону от рядка семян [7].

**Заключение.** Проанализированы способы внесения минеральных удобрений, определено их влияние на рост и развитие растений кукурузы. Спектр способов локального размещения удобрений в почве значительно шире и разнообразнее, чем при разбросном внесении. Локальное внесение удобрений одновременно с посевом наиболее предпочтительно, так как обеспечивает фиксированное размещение удобрений относительно рядков семян и равномерное распределение их по площади питания растений. Возможность совмещения операций по локальному внесению удобрений с посевом является не только важным резервом экономии ресурсов, но и средством избежания избыточного уплотнения почвы.

Предложено устройство для локального внесения минеральных удобрений одновременно с посевом.

### Список цитируемых источников

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011—2015 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 1 авг. 2011 г., № 342 / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск : [б. и.], 2011. — 75 с.
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». — 2-е изд. ; перераб. и доп. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — 448 с.
3. Выбор рационального способа внесения удобрений [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.profermer.ru/spu\\_effekt2.html](http://www.profermer.ru/spu_effekt2.html). — Дата доступа: 20.12.2012. — Загл. с экрана.
4. Кукуруза. Выращивание, уборка, доработка, использование / Д. Шпаар [и др.] — Киев : Альфа-Стевия ЛТД, 2009. — 396 с.
5. Циков, В. С. Кукуруза: технология, гибриды, семена / В. С. Циков. — Днепропетровск : Заря, 2003. — 296 с.
6. Ботанические и биологические особенности кукурузы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.syngenta.com/country/ru/ru/crops/corn/Pages/corn-botanical-and-biological-characteristics.aspx>. — Дата доступа: 19.12.2012. — Загл. с экрана.
7. Трапезников, В. К. Локальное внесение удобрений / В. К. Трапезников, И. И. Иванов, Н. Г. Тальвинская. — Уфа : [б. и.], 1999. — 260 с.
8. Вильдфлуш, Р. Т. Миграция подвижных форм азота, фосфора и калия в почве при ленточном внесении удобрений / Р. Т. Вильдфлуш, А. Н. Минич, Е. Г. Сиротин. — Горки : [б. и.], 1971. — 160 с.
9. Соколов, О. А. Теория и практика рационального применения азотных удобрений / О. А. Соколов, В. М. Семёнов. — М. : Наука, 1992. — 207 с.
10. Семёнов, В. М. Мобилизирующее действие очага азотных удобрений на азотсодержащие соединения почвы / В. М. Семёнов, А. А. Мергель // Почвоведение. — 1989. — № 4. — С. 46—54.

Материал поступил в редакцию 26.02.2013 г.

We have analyzed broadcast and local methods of mineral fertilizers application, the drawbacks and advantages, as well as the cultivation of corn in the Republic of Belarus. The technology of mineral fertilizer local application during the sowing of corn does not only considerably save resources, but also helps to avoid extra compaction of soil. We have worked out a construction of the device for mineral fertilizers local application, including liquids during the sowing of corn.