



# СИСТЕМЫ БЕСПАХОТНОЙ ОБРАБОТКИ - ЭФФЕКТИВНОЕ ЗАМЛЕДЕЛИЕ В ПОЛУЗАСУШЛИВОЙ И УМЕРЕННО-ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ

**Адриан М. ДЖОНСТОН**

IPNI, Канада



# IFA Москва 2009

Москва, Россия, 6-9 октября 2009 года

## Системы беспашотной обработки - эффективное земледелие в полусасушливой и умеренно-влажной среде

Адриан М. Джонстон<sup>1</sup>, Гай П. Лафонд<sup>2</sup> и Терри Л. Робертс<sup>1</sup>  
IPNI - Международный институт питания растений, Канада

### Введение - перспективы систем

Использование системы противозерозийной обработки почвы постепенно расширяется и развивается во всём мире в течении последних 3-4 десятилетий. Эта система определяется как ограниченная обработка почвы, после которой на поверхности почвы остаётся определенное количество растительных остатков (после посадки, после противозерозийной вспашки или после любой другой сходной сельскохозяйственной операции, например, нулевой обработки почвы, беспашотной обработки, прямого посева, сокращенной обработки почвы и т.д.). В настоящее время вышеперечисленные понятия заменены более общим термином - рациональное сельское хозяйство/земледелие. "Продовольственная и сельскохозяйственная организация" "Объединенных наций" (FAO) объясняет термин "рациональное земледелие" как процесс максимального использования растительного покрова с помощью сохранения растительных остатков. При этом обработка почвы сводится к абсолютному минимуму, а также используются надлежащие севообороты и рационально применяются средства (удобрения и пестициды) для достижения устойчивой и рентабельной производственной стратегии для определенных производственных систем" (FAO, 2008). Определение, предоставленное FAO, объединяет использование растительных остатков с системами земледелия и факторами производства. Оно лучше всего объясняет успешное применение рационального земледелия во многих странах во всем мире. "Рациональное земледелие" является более широким термином по сравнению с "противозерозийной вспашкой". Нулевая обработка почвы является основой рационального земледелия. В этом докладе нулевая обработка почвы и рациональное земледелие будут использоваться как взаимозаменяемые, синонимные понятия.

Существует немного стран, где хотя бы некоторые сельские хозяйства не использовали бы рациональное земледелие. Дерпш и Фридрих (2009) сообщают, что рациональное земледелие используется сельскими хозяйствами от 60<sup>0</sup> северной широты (например, в Финляндии) до экватора (например, в Кении и Уганде) и до 40<sup>0</sup> С (например, в Аргентине и Чили). От уровня моря до 3000 м над уровнем моря (например, в Боливии и Колумбии), а также от чрезвычайно засушливых условий (например, 200 мм дождя в Западной Австралии) до очень влажных (например, 2000 мм в Бразилии и 3000 мм в Чили).

Рациональное земледелие используется хозяйствами всех размеров, включая мелких землевладельцев (<0,5 га). Оно используется на разнообразных почвах, которые могут варьировать от 90% содержания песка (например, в Австралии) до 80% содержания глины (например, в Бразилии в Оксисолс и Алфисолс), а также при выращивании всех сельскохозяйственных культур, в том числе и корнеплодных растений. Широкий диапазон климатических условий, почв и географических условий, в которых успешно применяется рациональное земледелие обеспечит дальнейший интерес к этой системе обработки почвы и будет содействовать развитию соответствующей технологии.

По современным оценкам, нулевая обработка почвы используется на более чем 105 миллионах гектаров (млн га) по всему миру, в основном в Северной и Южной Америке (Дерпш и Фридрих, 2009) (Derpsch and Friedrich, 2009). Южная Америка лидирует, употребляя нулевую обработку на 47% от пахотной земли. Затем следуют Северная Америка - 38%, Австралия / Новая Зеландия - 12% и Азия - 2%. В будущем Южная Америка останется оперативной точкой для перспективного развития нулевой обработки почвы, хотя Азия и Восточная Европа тоже обладают огромным потенциалом.

Успех беспашотных посевных систем по всему миру свидетельствует о большом стремлении к их внедрению и инновациям в среде сельскохозяйственных производителей. Введение беспашотной системы было связано со значительными усилиями, требующимися чтобы "привести систему в действие", во всех районах, где она была внедрена. Термин "система" используется, чтобы отразить присутствие множества аспектов, которые проявляются при попытках успешно использовать беспашотную обработку почвы. Использование беспашотного посевного агрегата является лишь одним из факторов необходимых для производственных работ. Другими аспектами являются: севооборот, использование нутриентов, использование растительных остатков и борьба с вредителями. Неспособность учесть все аспекты, связанные с системой производства, привела к производственным неудачам во многих частях мира. Однако в районах с ограниченным количеством осадков в течении периода вегетации и где своевременность проведения посевных операций имеет решающее значение, беспашотные посевные системы оказались успешными.

### **Основные факторы развития земледелия в канадских прериях**

Развитие и успех беспашотных посевных систем в канадских прериях является результатом целого ряда ключевых факторов, существующих в регионе. Эти факторы сыграли важную роль в обеспечении работы системы как с позиции агрономии и так и с позиции прибыльности для фермеров.

#### **• Научные данные подтверждают присутствие полезного влияния употребления растительных остатков на контроль эрозии почв и на охрану водных ресурсов.**

В середине и конце 1930-х годов, исследования убедительно доказали, что сохранение растительных остатков на поверхности почвы может повысить проникновение влаги, уменьшить испарение влаги, снизить возможность поверхностного стока, снизить ветровую и водную эрозию почв и сохранить большее количество воды из-за возросшей способности поймать и удержать снег (Смика и Унгер, 1986) (Smika and Unger 1986). Митчелл и др. (1944) сообщили, что в необработанных почвах канадских прерий содержалось от 0,2 до 0,7 процента азота и что в 1940-х годах, почти после 60 лет с того момента, когда первый плуг перевернул первый пласт земли прерий, от 15 до 40 процентов азота было утрачено. Эта тенденция продолжалась, и к 1980-ым годам большинство почв прерий утратили более 40 процентов органического азота (от его первоначального содержания). Эти выводы активировали усилия по развитию системы разработки почв и выращивания культур с помощью употребления растительных остатков, особенно в засушливых и полузасушливых зонах. Позднее было сообщено, что стоящие пожнивные остатки были в четыре раза более эффективны для защиты почвы от ветровой эрозии, чем лежащие плоские остатки, которые употреблялись для этой цели в годы производства с помощью низких остатков (Лайлс и Эллисон 1981) (Lyles and Allison 1981). Более современные исследования подтвердили, что беспашотная обработка почвы значительно снижает потери седимента после многочисленных осадков (Мостагхими и др. 1992) (Mostaghimi et al. 1992).

#### • Введение селективных и неселективных гербицидов.

Огромным шагом вперед оказалось введение селективных гербицидов 2,4-D в 1947 году и МСРА в 1953 году, используемых для широколистных растений. Позднее появились селективные гербициды для овсяга - диаллат, а затем триаллат в начале 1960-х годов (Тиммонс, 2005; Эпплеби, 2005) (Timmons 2005; Appleby 2005).

Эти нововведения позволили обеспечить более постоянное (непрерывное) земледелие, особенно в более влажных районах прерий. В 1962 и 1966 годах дикват и паракват были признаны неселективными, быстродействующими, неперемещающимися, безостаточными гербицидами (Тиммонс, 2005). Введение этих гербицидов предоставило возможность для более тщательного изучения системы беспашотного земледелия. Первоначальные исследования потенциала химического летнего пара проводились с 1949 по 1955 год в Гавре, штат Монтана (Бейкер и Кралл 1956). Предоставленные авторами результаты впервые привели научные аргументы, доказывающие отсутствие необходимости производить вспашку для выращивания культур. Введение неселективного гербицида глифосата в 1971 году оказалось ключевой технологией для детального исследования продуктивной системы беспашотного метода обработки почвы или рационального земледелия (Апплеби, 2005). Однако вплоть до 1980-х годов глифосат не ассоциировался с беспашотными системами. В отличие от диквата и параквата, глифосат легко перемещается в растение, обеспечивая при этом высокоэффективную многолетнюю защиту от сорняков при условии, что этот гербицид вводится до посева или после посева до вступления в фазу колошения культуры.

#### • Развитие техники высококлиренсного посева для беспашотного земледелия.

Невозможно недооценить наиважнейшую роль, которую сыграли фермеры в области развития сельскохозяйственной техники. Благодаря фермерам, были приведены в действие все технические инновации, появившиеся в регионе. Самым важным нововведением оказалась пневматическая сеялка, которая сыграла важную роль в успешном помещении семени на почву на полях с большим количеством растительных остатков. Этот культиватор также широко используется для внутрпочвенного ленточного внесения удобрений, что оказалось значительным вкладом в повышение эффективности использования удобрений и сократило потери питательных веществ при испарении и иммобилизации. Разнообразие беспашотных сеятельных инструментов свидетельствует о важности данных технологий для земледелия Северной Америки.

#### • Развитие внутрпочвенного ленточного внесения удобрений N во время посева

С началом употребления неорганических удобрений появились и вопросы о способах их внесения и его своевременности, а также о формах и нормах удобрений. За исключением ограниченного количества мочевины, вносимой вместе с семенем, удобрения вносились разбросным методом в осенний сезон или до посева. При этом методе размещения удобрений в скором времени проявилась проблема испарения (распыления), которая ранее не наблюдалась при применении нитрата аммония. В связи с этим компания по производству удобрений WESTCO в середине 70-х годов начала изучать способы избежания вышеназванной проблемы (Харапиак 1990; Харапиак и др. 1993) (Harapiak 1990; Harapiak et al. 1993). WESTCO обнаружила, что при ленточном внесении удобрений возможно ограничить испарение (распыление). В начале 1980-х годов это стало толчком для индустрии пневматического сеяния для дальнейшего развития новых технологических разработок. В то время точность в плане контроля глубины и дозирования семян была на таком же или на более высоком уровне чем при технологических условиях сегодняшнего дня (Мемори и Аткинс, 1990) (Memory and Atkins 1990).

Поэтому можно утверждать, что концепция внутрпочвенного ленточного внесения удобрений проложила путь для дальнейших улучшений в технологии пневматического сеяния, которая в свою очередь привела к разработке концепции посева в одну стадию. При одностадийном посеве, семена и удобрения вносятся одновременно. Удобрения размещаются в стороне и ниже рассадной грядки или в междурядье, находящееся между каждой второй рассадной грядкой.

- **Введение новой культуры – озимая пшеница.**

Новые сведения о том, что озимая пшеница может перезимовать и избежать умирания семени во время сеяния в вертикальные растительные остатки, благодаря защитному эффекту снега, захваченного стоящими стеблями, предоставили новые посевные возможности и важные агрономные позитивные последствия (Фоулер и др., 1983) (Fowler et al. 1983). Озимая пшеница обладает способностью воспользоваться условиями влажности в начале сезона, расти в холодных условиях вегетационного сезона и созревать раньше, чем другие культуры. Это предоставило новые возможности для непрерывного земледелия, особенно в засушливых областях канадских прерий. Другим важным аспектом озимой пшеницы является требование сеять в стоящие стебли. Поэтому каждый производитель озимой пшеницы должен был использовать беспашотную технологию или практику “в стебли”, начиная таким образом развитие концептов беспашотной продукции. В 1985 около 203,000 га озимой пшеницы было засеяно в Западной Канаде. Во время посева главным образом употреблялась беспашотная технология.

- **Сильные фермерские организации - координация распределения информации и контакт между фермерами**

Развитие и активное участие фермерских организаций в усовершенствовании технологий и в распространении информации сыграли наиважнейшую роль в развитии беспашотной посевной системы. Эта концепция передачи технологических знаний "от фермера – к фермеру" была новшеством для этой части Северной Америки, однако она доказала свою эффективность для продолжения процесса инноваций. Конференции и аграрно-промышленные выставки, организованные группами фермеров, привлекли огромное количество посетителей (более 1000 фермеров), которые пришли в поисках информации и новых технологий. Развитие и внедрение технологии, руководимой интересами фермеров, по мнению многих является одним из наиболее важных факторов, влияющих на быстрое внедрение этой технологии.

## **Трудности развития беспашотного земледелия**

Развитие беспашотных посевных технологий сопровождалось сильной озабоченностью, так как приводилось много причин, по которым этот метод мог бы оказаться неэффективным. В действительности, вопросы, вызвавшие озабоченность оказались мифами, неимеющими основания. Они были развеяны с помощью серьёзных научных полевых исследований, коллективного опыта и проверки временем. Таким образом усилия были направлены на идентификацию и устранение подобных мифов.

- **Долгосрочное здоровье почв прерий**

Мысль от том, что мы можем продолжать эксплуатацию почв такими же методами как и раньше, не теряя при этом продуктивности, оказалась мифом. Мы были слепы, не видя негативных последствий ветровой и водной эрозии и деградации почвы, вызванной многочисленными производственными операциями (Схатт, 1905 в Янзен, 2001; Митчелл и др. 1944), (Shutt 1905 in Janzen 2001; Mitchell et al. 1944). Для поддержки почвенных ресурсов канадских прерий необходимо сочетать беспашотное или рациональное земледелие с правильным употреблением питательных веществ, непрерывным посевом и повышением разнообразия выращиваемых культур. Хорошей вестью является факт, что подобные методы в целом повышают продуктивность почв прерий (МакКонки и др., 2003; Лафонд и др., 2008)(McConkey et al. 2003; Lafond et al. 2008).

#### • Влияние беспашотного земледелия на температуру почв

Одной из первых причин к беспокойству по отношению к беспашотному методу, выраженных фермерами, была возможность неблагоприятного влияния понижения температуры почвы на прорастание семян и выход растения на поверхность, если растительные остатки сохранялись на поверхности земли. Ранее существовала хорошо обоснованная информация о чувствительности растения к пониженным температурам во время фаз прорастания и всхода и в особенности ранней весной (Лафонд и Фоулер, 1989 а,б) (Lafond and Fowler 1989 a,b). Таким образом возникла гипотеза, что при применении беспашотной обработки почвы всход культуры будет более замедленным, если сравнивать с со скоростью всходов при применении конвенциональной вспашки. Одно из первых исследований, опубликованных в Западной Канаде, действительно подтвердило, что температура поверхностного слоя почвы понижается при применении беспашотной технологии (Гауер и др., 1982) (Gauer et al. 1982). Однако другое исследование показало, что если растительные остатки переносились в сторону от рассадной грядки, продуктивность ячменя и рапса улучшалась по сравнению с результатами, достигнутыми при помощи вспашки (Аршад и Азуз, 2003) (Arshad and Azooz 2003). Широкое использование анкерных сошников, которые по сути сталкивают пожнивных остатков в сторону от посевных грядок возможно косвенно способствовало избеганию подобных негативных последствий. Это также объясняет, почему в канадских прериях беспашотные сеялки с анкерными сошниками являются доминирующими инструментами, употребляемыми при посеве, не смотря на существование многих видов беспашотных дисковых сеятелей доступных для производителей.

#### • Аккумуляция и разложение растительных остатков при применении беспашотного земледелия

Другой распространенной причиной к беспокойству, выраженной производителями на ранних стадиях принятия беспашотной системы земледелия, являлась возможность аккумуляции растительных остатков на поверхности почвы. По представлениям сомневающимся, остатки культур на поверхности земли будут разлагаться очень медленно и, накапливаясь, будут препятствовать засеву, а также будут создавать проблему понижения температуры в поверхностных слоях почвы, что в результате приведет к необходимости производить вспашку. Два исследования изучили вышеназванные проблемы. Первое исследование показало, что разложение растительных остатков в первую очередь зависело от содержания питательных веществ в этих остатках, а не от их био-химического состава (Янзен и Куцей, 1988) (Janzen and Kusey 1988). Эта научная работа также показала, что когда растительные остатки пшеницы, чечевицы и рапса имели сходное содержание азота, скорость их разложения была одинаковой. Второе исследование информировало, что изначальное содержание азота в растительных остатках, густота накопленного тепла и их нахождение (в почве, а не на её поверхности) после минимального количества осадков, влияли на скорость разложения пожнивных остатков (Дуглас и Рикман 1992) (Douglas and Rickman 1992). Практический опыт доказал, что когда беспашотная технология сочетается с увеличением разнообразия чередующихся культур, озабоченность по поводу накопления растительных остатков на поверхности почвы оказалась необоснованной и начало посева не было затруднено. Растительные остатки бобовых культур обладают более высоким содержанием азота, что приводит к более быстрому разложению по сравнению со скоростью декомпозиции остатков пшеницы. К тому же растительные остатки как правило бывают хорошо срезаны во время урожайных работ, что значительно уменьшает любые потенциальные проблемы с забиванием (закупоркой).

#### **• Употребление азотных удобрений при беспашотной обработке почвы - одностадийная система посева и удобрения**

Эволюция методов введения удобрений от разбросного метода и отдельного размещения семени до внутрпочвенного ленточного внесения удобрений во время посева произошла благодаря контрибуции со стороны машинной индустрии. При этом, ограничения рассадных грядок и потери при помещении мочевины на поверхность, оказались причинами, по которым вышеназванные техники оказались неприемлемыми для фермеров. Таким образом, только в конце 70-х и начале 80-х годов, технология внутрпочвенного ленточного внесения удобрений стала годной к использованию, позволяя эффективно применять аммониевые удобрения, такие как мочевина и безводный аммиак (Харапьяк, 1990) (Harariak 1990).

Исследования убедительно доказали, что потери в результате испарения при применении мочевины могут быть практически ликвидированы, если мочевина была помещена в почву и была накрыта надлежащим образом (Харапьяк и др., 1993; Мальхи и др., 2001) (Harariak et al. 1993; Malhi et al. 2001). Исследования показали, что существует возможность применения мочевины и безводного аммиака в качестве вспомогательных веществ во время одностадийного посева и удобрения, пользуясь беспашотным методом с ленточным боковым сошником (Джонстон и др., 1997) (Johnston et al. 2001).

Одностадийный посев и беспашотная система удобрения считается высокоэффективным методом внесения азотных удобрений для достижения оптимальной обеспеченности азотом (Мальхи и др., 2001; Грант и др., 2002) (Malhi et al. 2001; Grant et al. 2002). К тому же этот способ размещения удобрений считается наилучшей практикой для сведения к минимуму возможности выбросов закиси азота и других потерь азота например, из-за выщелачивания и денитрификации (Лемке и Фаррел 2008) (Lemke and Farrell 2008).

#### **• Беспашотное земледелие и его долгосрочное влияние на количество сорняков и изменения в сорных растительных сообществах**

На начальных стадиях использования беспашотного земледелия существовало обоснованное беспокойство по поводу возможного долгосрочного влияния этого метода обработки почвы на количество сорняков и на потенциальное изменение в их растительных сообществах, а именно на возврате числа многолетних сорняков из-за применения гербицидов (Лафонд и Дерксен, 1996; Дерксен и др., 2002) (Lafond and Derksen, 1996; Derksen et al., 2002). Позднее, фермеры, использующие беспашотный метод, выражали беспокойство о том, что всё большее количество сорняков будет вырабатывать резистентность к гербицидам. На сегодняшний день, ожидаемые изменения в группах сорняков пока ещё не произошли. Существует несколько опубликованных причин, объясняющих отсутствие подобных перемен. Первой причиной является увеличение разнообразия сеяемых культур, которое обеспечивает использование более широкого диапазона химического сочетания гербицидов с разными типами культур и особенностями их роста (озимые и яровые), что обеспечивает дифференцированное давление отбора (Дерксен и др., 2002) (Derksen et al. 2002). Второй причиной является точное помещение удобрений, используя одностадийный посев и одновременное удобрение, что усиливает конкурентоспособность культурных растений с сорняками (О'Донован и др., 1997) (O'Donovan et al. 1997). Третья причина - годовые значительные изменения в группах сорняков, растущих на том же участке. Эти изменения вызваны непостоянством климатических условий (А. Г. Томас, информация, полученная при личном общении). Четвёртая причина - это суммарное воздействие количества посевов, чередования сортов культурных растений, выбора сортов сельскохозяйственных культур, сроков посева и гербицидов. Все эти меры понижают возможность появления семян сорняков в почве, что в свою очередь уменьшит их число в предстоящие годы (Харкер и Клейтон 2003) (Harker and Clayton 2003). Даже после 30 лет использования беспашотного метода на некоторых полях, земледельцы не были вынуждены производить вспашку для разрешения проблемы сорных растений. В целом, фермеры, использующие беспашотную систему в Западной Канаде, информируют об уменьшении общего количества сорняков, что свидетельствует о

понижении почвенного семенной фонда сорных растений (Блякшоу и др., 2008) (Blackshaw et al. 2008). Долгосрочной стратегией в борьбе с сорняками на землях прерий для производства с использованием беспашотной системы земледелия является комплексное употребление разнообразных способов ликвидации сорняков. Монопольное использование одного приоритетного способа значительно понижает эффективность борьбы с сорняками (Харкер и Клайтон, 2003) (Harker and Clayton 2003).

#### • **Беспашотная система земледелия и её долгосрочное влияние на заболеваемость растений.**

Ещё одной причиной к беспокойству в среде земледельцев являлась возможность повышения заболеваемости листьев и корней растений из-за пожнивных остатков, находящихся на поверхности земли. Однако оказалось, что влияние системы обработки почвы на частоту и серьёзность болезней растений незначительно по сравнению с влиянием, которое оказывают экологические условия и чередование сортов (Бейлей и др., 2001; Туркингтон и др., 2006) (Bailey et al. 2001; Turkington et al. 2006). На самом деле, использование беспашотной системы земледелия понижает степень гниения корней зерновых культур (Бейлей и др., 2001). (Bailey et al. 2001). Беспашотный метод понижает заболеваемость культурных растений, благодаря направленному и благотворному влиянию на биологию почв (Крупински и др., 2002) (Krupinski et al. 2002). Здоровая почва, содержащая разнообразные и сбалансированные популяции почвенных микроорганизмов, обеспечит эффективную защиту от корневых патогенов, так как они используют тот же самый органический углеродный субстрат. Также нужно обратить внимание на другие методы контроля заболеваемости. Например, на обеспечение наличия болезнестойчивых сортов культурных растений, использование здоровых и жизнеспособных семян, применение средств лечения семян и фунгицидов для листьев (если это требуется), обеспечение сбалансированного плодородия почвы, контроль над сорняками и растениями-самосевами (чтобы расстроить патогенные циклы) и тщательное ведение учета заболеваемости (Крупински и др., 2002) (Krupinski et al., 2002).

### **Основы успешного внедрения системы беспашотного производства**

С целью внедрения системы беспашотного сева, фермерские организации - сторонники рационального земледелия сосредоточили внимание на конкретных мерах, необходимых для внедрения беспашотного метода частными сельскими хозяйствами. "Ассоциация охраны почвы" Саскачевана разработала концепцию пяти основ успеха беспашотного земледелия, которые пропандировались в среде фермеров, желающих начать использовать этот метод обработки почвы.

#### • **Использование растительных остатков.**

Очень малое количество растительных остатков убирается с полей канадских прерий. Поэтому чрезвычайно важно обладать правильными представлениями о том, как обращаться с пожнивными остатками во время сбора урожая, чтобы обеспечить беспрепятственное употребление беспашотной посевной техники будущей весной. По этой причине, приоритетной задачей стало поощрение использования соломопорошков и разбросных сеялок, которые распределяют большую часть соломы и половы обратно на поверхность почвы. Вторым нововведением, которое оказалось очень популярным, стало использование тяжелой бороны, длинной зубовой бороны, которая используется на полях сразу после снятия урожая. Такое боронование частично распределяет солому, а также является достаточно эффективным способом для слома длинных стеблей соломы, если они сухие и ломкие. К сожалению, опоздалое боронование часто ограничивает перемещение остатков и имеет малый положительный эффект.

### • Чередование сортов культурных растений

Хорошо известно, что чередование культур, которое включает смеси зерновых, масличных и зернобобовых растений, помогает с борьбой с вредителями на полях и в тех регионах, где нету поддержки зернового рынка. Чередование также повышает экономическую эффективность производства сельскохозяйственных культур (Зентнер и др., 2002) (Zentner et al., 2002). Чередование культурных растений оказывает благоприятное влияние на использование растительных остатков при помощи севооборотов с чередованием культур с малым и большим количеством пожнивных остатков. В среде земледельцев, использующих беспашотный метод на канадских прериях, наиболее распространёнными формами чередования культур являются: а) зерновые - масличные - зерновые - зернобобовые, б) зерновые - масличные - зернобобовые или в) зерновые - зернобобовые. Обычно масличные культуры сеются не чаще чем один раз в три года, хотя существуют и исключения. Непрерывное производство одних и тех же зерновых считается неэффективной практикой в среде фермеров и связано с негативными последствиями, такими как повышенная заболеваемость листьев и корней растений.

### • Борьба с сорняками

Земледельцы канадских прерий уделяют огромное внимание борьбе с сорняками. Овсюг (*avena fatua*) является очень распространённым и обильным сорняком в этом регионе. Здесь также встречается целый ряд широколиственных однолетних и многолетних сорных растений. При отсутствии вспашки контроль над сорняками, применяя надлежащий баланс гербицидов, становится особенно важным. Чередую травянистые и широколиственные культуры, можно расширить спектр применяемых гербицидов, что в свою очередь позволяет сосредоточить внимание на различных видах сорняков в зависимости от каждого сезона. До сегодняшнего дня, широкое распространение использования глифосата для неизбирательной борьбы с сорняками было эффективно. Только несколько проблематичных сортов сорняков выработали частичную резистентность к этому гербициду. Рапс (*Brassica napus*), толерантная к гербицидам, занимает около 85% посевных площадей масличных культур, что свидетельствует об успехе этой технологии в среде фермеров. Данный метод позволяет успешно бороться с сорняками и обеспечивает высокую урожайность. Резистентность некоторых видов сорняков к гербицидам является серьёзной проблемой для фермеров, требующей значительного внимания зимой.

### • Плодородность почвы

Как упоминалось ранее, внутрипочвенное ленточное внесение азота является наиболее распространённым методом внесения удобрений в регионе канадских прерий. Общая эффективность и возможность снижения потерь в результате применения этого метода оказали существенное влияние на успех обеспечения почвы питательными веществами, используя беспашотную систему земледелия. Рассыпной метод внесения удобрений (по сравнению с беспашотным) оказался неэффективным, так как употребляющие его фермеры не приняли во внимание результаты ранних исследований (Мальхи и Ниборг, 1992) (Malhi and Nyborg, 1992). Важно отметить, что в результате использования бокового или по-середине грядки ленточного метода, благодаря успешному размещению питательных веществ, появилась возможность повысить урожайность во многих сельских хозяйствах путем сведения к минимуму потерь питательных веществ и избежания иммобилизации, так часто встречающейся при применении рассыпного метода внесения удобрений. Из-за того, что практики удобрения в этом регионе в значительной степени ориентированы на компенсацию дефицита питательных веществ, нужных культурным растениям, а не на накопление резервов P и K в почве, дозы внесения удобрений остаются ограниченными.

## • Становление культурного растения

Как отмечалось ранее, проблема температур почв не являлась основным препятствием при использовании беспашотной системы посева на канадских прериях. На самом деле, становление культурных растений (прорастание семени и всход) проходит лучшей при использовании беспашотного метода особенно при посеве мелкосемянных масличных культур. Кроме того, неглубокий посев является лучшим вариантом, если вы обладаете хорошими условиями увлажнённости поверхностного слоя почвы, что в свою очередь способствует более эффективному побегообразованию среди зерновых, гарантируя таким образом дальнейшее повышение урожайности. Сеяние в высокие стебли является предпочтительным способом для большинства фермеров в полузасушливых зонах, так как этот метод снижает возможность потери почвенной влаги в результате испарения в первые месяцы сезона вегетации (Катфортх и МакКонкей, 1997; Катфортх и др., 2006) (Cutforth and McConkey, 1997; Cutforth et al., 2006). В конечном итоге, важно найти подходящие методы внесения семян, которые обеспечат хороший контакт “семя-почва”, в то же время подходящий для конкретной почвы конкретных земледельческих угодий. Этот метод также должен быть приспособлен для неглубокого сеяния во влажную почву.

## Долгосрочные результаты применения системы беспашотного земледелия

Утверждение беспашотной системы земледелия на канадских прериях является одним из наиболее значимых технологических и практических изменений в сельском хозяйстве этого региона за последние 100 лет. Однако эта часть мира не является единственной приверженницей беспашотной посевной системы. Во многих частях Южной Америки беспашотный метод более распространён чем в Канаде (Дерпш и Фридрих, 2009) (Derpsch and Friedrich, 2009). В действительности, в настоящее время, рациональная обработка почвы является в целом наиболее приемлемым выбором для многих фермеров, которые имеют доступ к земле и капиталу во всех частях мира. Кроме того, эта система земледелия характеризуется значительной эффективностью земледельческих операций, сокращая при этом затраты труда, понижая расходы на топливо и оборудование, повышая точность своевременности проведения земледельческих операций (за счет сокращения времени, требующегося на вспашку) и повышая эффективность введения удобрений. В добавок в вышеназванному, беспашотный метод позволяет достичь уровня охраны почвы, о котором могло только мечтаться в прошлом, в тоже время повышая эффективность использования ограниченных запасов воды в полузасушливых условиях. Беспашотная система посева также вносит существенные изменения в практики использования удобрительных питательных веществ, благодаря внутрпочвенному ленточному внесению нутриентов, что оказывает существенное влияние как на восстановление баланса питательных веществ в почве, так и на снижение потерь нутриентов. Вывод таков, что беспашотная система земледелия является критически важным шагом для развития систем ведения сельского хозяйства по всему миру в будущем.