

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК
УКРАИНЫ**

**Национальный научный центр
«Институт почвоведения и агрохимии
имени А.Н.Соколовского»**

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ УКРАИНЫ



2013



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК УКРАИНЫ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР "ИНСТИТУТ
ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ ИМЕНИ
А.Н.СОКОЛОВСКОГО"

Рекомендации по эффективному использованию

калийных удобрений на почвах Украины

Научно-исследовательский институт по проблемам почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского в соответствии с титулом "ННІІСАР Україна" и

"ННІІСАР Україна" именем А.Н. Соколовского в соответствии с титулом "ННІІСАР Україна" и

Харьков - 2013

УДК 631.416.4

Работа проведена по договору № 2/11 от 1 марта 2011 г. на выполнение исследований с Международным Институтом питания растений (International Plant Nutrition Institute, Canada)

Христенко А.А, Мирошниченко Н.Н, Гладких Е.Ю. Рекомендации по эффективному использованию калийных удобрений на почвах Украины.- Харьков 2013.- 36 с.

В работе дана объективная оценка калийного состояния основных типов почв Украины, разработан его прогноз на перспективу, предложены методы, позволяющие наиболее объективно оценить калийное состояние почв, показана эффективность использования калийных удобрений на основных типах почв. Обоснована агрономическая и экономическая целесообразность расширения зоны использования калийных удобрений. Только в Украине эта дополнительная зона составляет около 9 млн. га. Изложены рекомендации по эффективному использованию калийных удобрений на почвах Украины.

Рекомендации предназначены для специалистов органов государственной власти, в том числе государственного учреждения "Институт охраны почв Украины", фермеров и руководителей хозяйств различных форм собственности, сотрудников научных и образовательных учреждений, студентов, аспирантов и докторантов почвоведческих, агрохимических, агрономических и экологических специальностей.

Рецензенты:

Е.В. Скрыльник, доктор с.-х. наук, зав. лабораторией органических удобрений и гумуса ННЦ "Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского".

Н.К. Клочко, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии ХНАУ им. В.В. Докучаева.

Рекомендации рассмотрены и рекомендованы к печати Ученым советом Национального научного центра "Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского" (протокол № 17 от 15 ноября 2013 года).

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 Методы, позволяющие наиболее объективно оценить калийное состоя- ние почв Украины | 7 |
| 2 Оценка калийного состояния основных типов почв Украины на основе усовершенствованной системы почвенной диагностики..... | 14 |
| 3 Эффективность калийных удобрений на почвах основных природных зон Украины | 20 |
| 4 Опыт использования калийных удобрений на черноземе оподзоленном Левобережной Лесостепи Украины | 26 |
| 5 Система удобрения сельскохозяйственных культур..... | 28 |
| 6 Условия эффективного использования калийных удобрений | 30 |
| ЛИТЕРАТУРА | 32 |

ВВЕДЕНИЕ

Калий является элементом питания, без которого невозможно нормальное развитие сельскохозяйственных культур. Это один из ключевых зольных элементов, активно участвующих в процессах метаболизма растений. Оптимизация калийного питания существенно повышает морозо- и засухоустойчивость культур, а также устойчивость растений к грибковым и бактериальным заболеваниям.

Использование калийных удобрений не только повышает урожай культур, но и улучшает качество получаемой продукции: повышает крахмалистость и вкусовые качества картофеля, сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, накопление жира в семенах масличных культур, улучшает выполненность зерна злаковых культур. При недостатке калия задерживается синтез белка и накапливается небелковый азот [1].

В этой связи, интерес к проблеме калия в земледелии последние годы возрастает во многих странах мира [2-4].

Почвы Украины в результате многообразного сочетания факторов почвообразования неоднородны. Поэтому они существенно отличаются по основному их свойству - плодородию.

Использование минеральных удобрений является единственным средством пополнения отчужденных из поля питательных веществ с урожаем. При их применении создаются условия для расширенного воспроизводства плодородия почв и стабилизации урожайности культур при любых климатических условиях. Мировая практика показала, что без минеральных удобрений невозможно повышать валовые сборы сельскохозяйственной продукции и вести прибыльное сельское хозяйство. Поэтому в развитых странах мира объемы производства и применения минеральных удобрений находятся на высоком уровне. Так, например, в США (где, как говорится, умеют считать деньги), потребление калийных удобрений сохраняется на стабильно высоком уровне, а объемы их применения превышают объемы применения фосфорных удобрений. Так, в 1990-1991 гг. в этой стране потребление удобрений составляло (млн. т. д. в.):

фосфорных - 3,81, калийных - 4,53. В 1999-2000 годах потребление (млн. т. д. в.) фосфорных удобрений составляло 3,99, калийных - 4,63 [5].

Анализ данных агрохимической службы Украины, географической сети опытов с удобрениями, а также материалов, полученных ННЦ ИПА имени А.Н. Соколовского, показал, что эффективность калийных удобрений определяется рядом факторов, в том числе культурой земледелия, климатическими условиями, уровнем плодородия почв.

Относительно низкая эффективность калийных удобрений наблюдается, прежде всего, на черноземах типичных (частично), обыкновенных, южных и каштановых почвах тяжелого гранулометрического состава, что принято объяснять высокой обеспеченностью этих почв калием [6,7].

На большинстве других почв Украины, при оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур, эффективность калийных удобрений достаточно высокая.

Поставки калийных удобрений сельскому хозяйству Украины на протяжении 1964-1990 годов систематически возрастили и достигли в среднем за год 1292,3 тыс. тонн K₂O или 42 кг д.в. на гектар посевной площади.

Начиная с 1991 г. уровень применения минеральных удобрений постепенно снижался. В 1991 - 1995 гг. в среднем за год внесено 73 кг д.в. NPK; в 1996-2000 гг. - 19 кг д.в. NPK. Начиная с 2001 года, применение удобрений в стране постепенно растет. В настоящее время уровень применения калийных удобрений составляет около 8 кг K₂O на гектар посевной площади.

Одна из причин такого спада - не совсем благоприятная социально-экономическая ситуация в стране. Кроме того, на наш взгляд, имеется еще один весомый фактор, определяющий данное явление - убежденность многих исследователей и земледельцев, а также специалистов Министерства аграрной политики и продовольствия Украины в том, что большинство почв зон Лесостепи и Степи, особенно тяжелого гранулометрического состава, хорошо обеспечены доступным растениям калием.

Причина сложившегося ошибочного мнения кроется, по нашему мнению, в несовершенстве почвенной диагностики.

Необходимость совершенствования методов диагностики плодородия почв осознана давно. При этом признано, что нормативная база для оценки фосфатного и калийного состояния почв несовершенна. Для решения этой проблемы не раз создавались комиссии, включающие ведущих специалистов специализированных научных центров [8].

В последнее время возросло количество работ, направленных на совершенствование диагностики калийного состояния почв и решение проблемы калия в земледелии в целом [9-15]. Тем не менее, проблема точной диагностики до настоящего времени не решена.

В результате резкого снижения уровня применения удобрений, содержание подвижного калия в настоящее время в большинстве пахотных почв Украины находится на уровне природного его содержания, соответствующего средней обеспеченности почв данным элементом пит器ия растений. Поэтому для получения высоких урожаев большинства сельскохозяйственных культур на неокультуренной пашне, практически независимо от типа почвы, необходимо вносить калийные удобрения.

1 МЕТОДЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ НАИБОЛЕЕ ОБЪЕКТИВНО ОЦЕНİТЬ КАЛИЙНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ УКРАИНЫ

Как известно, до настоящего времени в Украине и большинстве стран СНГ наиболее распространенными методами определения содержания доступных растениям соединений фосфора или калия являются "жесткие" методы: Кирсанова - ГОСТ 26207-91, Чирикова - ГОСТ 26204-91, Мачигина - ГОСТ 26205-91 и Масловой - ГОСТ 26210-91. Как уже отмечалось, проблема точной диагностики до настоящего времени не решена. Во всей цепи использования удобрений звено, включающее их внесение в почву, является самым слабым вследствие отсутствия точного знания о калийном состоянии почв.

Огромные затраты на производство, доставку и внесение удобрений стоят того, чтобы для конкретного поля, ради получения действительно полноценного урожая культур, дать достоверную характеристику режима калия в почве [13]. Обобщая выше сказанное, можно констатировать, что имеется проблема, наличие которой общепризнано.

Известно, что между данными определения K_2O в почве, получаемыми с помощью так называемых "жестких" методов (Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Масловой и др.), и гранулометрическим составом почв (содержанием ила или физической глины), существует прямая зависимость [14, 9].

Так, например, для метода Кирсанова зависимость между содержанием физической глины и количеством извлекаемого калия характеризуется следующим уравнением:

$$Y = 0,478 + 0,216X \quad r = 0,92 \quad (1.1)$$

где Y – содержание K_2O по Кирсанову, мг/100 г почвы; X – количество физической глины, %.

Данную зависимость иллюстрирует **рисунок 1.1**.

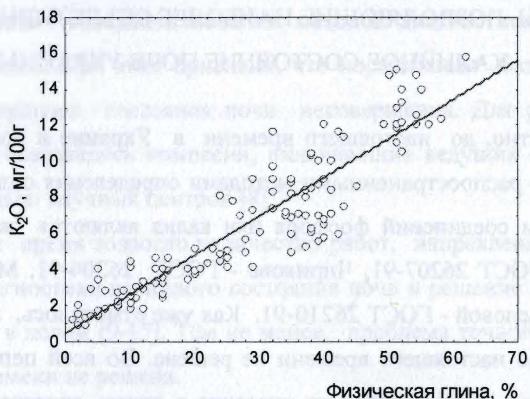


Рисунок 1.1- Зависимость количества K_2O , экстрагируемого вытяжкой 0,2 н HCl (метод Кирсанова), от содержания физической глины.
Пахотный слой экстенсивно используемых почв

Известно, что почвы на лесовых породах тяжелого гранулометрического состава содержат повышенное количество различных калийсодержащих минералов, в том числе полевые шпаты и трехслойные алюмосиликаты. Калий, содержащийся в этих минералах, растениям непосредственно не доступен, но частично экстрагируется растворами сильных кислот, в том числе 0,5 н CH_3COOH (метод Чирикова).

В результате создается полная иллюзия, что природное содержание K_2O по этому методу в пахотном слое почв возрастает с 10-40 мг K_2O /кг в легких (5-10% физической глины) дерново-подзолистых почвах Полесья до 200 и более мг K_2O /кг в тяжелых (более 50% физической глины) черноземных почвах зоны Степи.

Вполне закономерно то, что между данными, получаемыми по всем “жестким” методам, существует тесная связь. В наших исследованиях коэффициент корреляции между данными этих методов стабильно превышал значение 0,85.

Да и абсолютные значения данных существенно не различались. Так, проведенный химический анализ 48 образцов почв различного генезиса и удобренности показал, что среднее содержание подвижного калия по Мачигину составляло 19,6 мг, по Кирсанову – 18,2 мг и по Чирикову – 16,7 мг K_2O /100 г почвы. К сожалению, тесная корреляционная связь между данными, получае-

мыми с помощью однотипных методов, особенно “жестких” (на основе растворов сильных кислот или щелочей), не всегда является гарантией получения объективной оценки состояния плодородия почв.

Как видно из **рисунка 1.2** данные методов Масловой и Кирсанова просто дублируют друг друга.

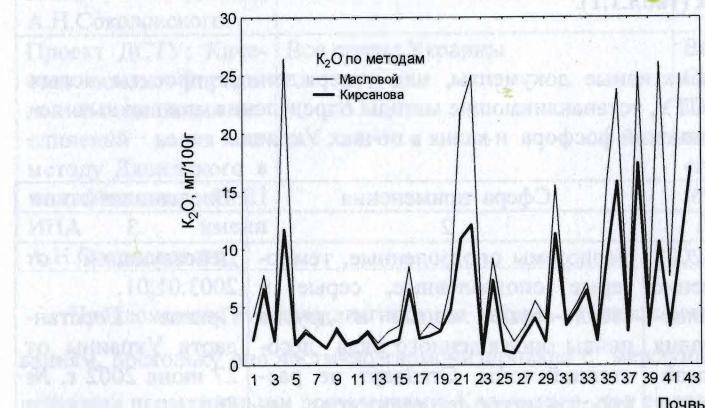


Рисунок 1.2 - Количество K_2O , экстрагируемого растворами 1,0 н CH_3COONH_4 и 0,2 н HCl

Гранулометрический состав почв уже давно учитывается при оценке калийного уровня почв по методу Эгнера–Рима–Доминго (Egner-Riehm-Domingo) [16].

В соответствии с требованиями закона Украины “О метрологии и метрологической деятельности”, аттестованные измерительные (аналитические) лаборатории обязаны в своей деятельности использовать действующие нормативные документы или аттестованные методики выполнения измерений.

В этой связи научным центром “ИПА имени А.Н. Соколовского” ведется систематическая работа, направленная на усовершенствование национальной системы стандартизации. Техническим комитетом стандартизации - ТК 142 “Почвоведение”, созданном на базе института, разработано свыше 300 нормативных документов в области почвоведения, агрохимии и охраны почв, из них 169 стандартов - в рамках программы “Гармонизация национальных стандартов с международными и европейскими” [17].

Отделом агрохимии на основе модификации существующих методов разработано 8 национальных стандартов Украины (ДСТУ) и 5 утвержденных проектов новых ДСТУ, устанавливающих методы определения валовых или подвижных соединений азота, фосфора или калия в почвах. В том числе 3 ДСТУ и 2 проекта ДСТУ, устанавливающих методы определения подвижных соединений калия в почвах (табл.1.1).

Таблиця 1.1- Нормативные документы, или утвержденные проекты новых ДСТУ, устанавливающие методы определения подвижных соединений фосфора и калия в почвах Украины

| Название ДСТУ | Сфера применения | Введен в действие |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| ДСТУ 4115-2002 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по модифицированному методу Чирикова | Черноземы оподзоленные, темно-серые оподзоленные, серые и светло-серые лесные и другие почвы оподзоленного ряда лесостепной зоны. Стандарт не распространяется на горизонты, содержащие карбонаты. | Действующий от 2003.01.01. Приказ Госстандарта Украины от 27 июня 2002 г. № 386 |
| ДСТУ 4405:2005 Качество почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ННЦ ИПА | Дерново-подзолистые, серые и светло-серые лесные, темно-серые оподзоленные и другие почвы оподзоленного ряда. Стандарт не распространяется на почвенные горизонты, содержащие карбонаты. | Действующий от 2006.07.01. Приказ Госпотребстандarta Украины от 30 мая 2005 г. № 133 |
| ДСТУ 4114-2002 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по модифицированному методу Мачигина | Черноземы оподзоленные, темно-серые оподзоленные, серые и светло-серые лесные и другие почвы оподзоленного ряда, черноземы типичные, обыкновенные, южные, темно-каштановые, каштановые, лугово-черноземные, луговые и другие почвы аккумулятивного ряда лесостепной и степной зон, а также карбонатные почвы Украинского Полесья. | Действующий от 2003.01.01. Приказ Госстандарта Украины от 27 июня 2002 г. № 386 |

| 1 | 2 | 3 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проект ДСТУ: Качество почвы. Определение подвижных соединений калия по методу Масловой в модификации ННЦ ИПА имени А.Н.Соколовского. | Дерново-подзолистые, серые лесные, темно-серые оподзоленные, а также черноземы: оподзоленные, типичные, обыкновенные и южные; темно-каштановые и каштановые почвы | ГОСТ 26210-91 Почвы. Определение обменного калия по методу Масловой.-М.: Изд. стандартов, 1991. -6с. |
| Проект ДСТУ: Качество почвы. Определение подвижных соединений калия по методу Дащевского в модификации ННЦ ИПА имени А.Н.Соколовского. | Все почвы Украины | Воробьева А.К. Оценка обеспеченности черноземов калием и методика его определения //Агрохимия. 1975. №8. С.132-137. |

Предложенная система диагностики вполне отвечает современным требованиям, поскольку она частично гармонизирована с международными и европейскими нормативными документами. Кроме того, при ее разработке были использованы новейшие теоретические положения.

Были установлены регионы и типы почв, где применение конкретных химических методов наиболее целесообразно, что позволило существенно уточнить сферу использования методов и включить эти материалы в национальные стандарты.

Предложены нормативы погрешностей определения подвижных соединений фосфора и калия в зависимости от свойств почв или гранулометрического состава, которые в виде таблиц также были включены в нормативные документы. Так, например, для метода Кирсанова (ДСТУ 4405 – 2005) с целью снижения ошибки определения P_2O_5 и K_2O нами предложены величины поправок на влияние гранулометрического состава почв (табл. 1.2).

При анализе почв легкого гранулометрического состава значения поправок, приведенные в таблице (в отношении содержания K_2O), следует прибавлять к фактическим данным анализа; на тяжелых почвах - наоборот, вычитать.

Таблицы с указанием поправок в зависимости от состава или свойств почв бы-

ли также включены в стандарты Украины: ДСТУ 4115-2002 (метод Чирикова), ДСТУ 4114-2002 (метод Мачигина), проект ДСТУ (метод Масловой).

Таблица 1.2 - Значения поправок при определении содержания P_2O_5 и K_2O в почвах по методу Кирсанова в зависимости от содержания физической глины, мг/кг

| Содержание фракции почвы менее 0,01 мм, % (по Качинскому) | Поправки, мг/кг почвы | |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|--------|
| | определляемый показатель | |
| | P_2O_5 | K_2O |
| 6, не более | + 30 | + 30 |
| 6-10 | + 25 | + 20 |
| 11-15 | + 20 | + 10 |
| 16-20 | + 15 | + 5 |
| 21-25 | + 10 | 0 |
| 41-45 | - | 0 |
| 46-50 | - | -10 |
| 51-55 | - | -20 |
| 56-60 | - | -30 |
| 60-65 | - | -40 |
| 66, не менее | - | -50 |

Для отдельных методов усовершенствованы и включены в стандарт или разработаны новые градации обеспеченности почв подвижным фосфором или калием.

Необходимо признать, что использование поправок может лишь несколько повысить точность диагностики, но не решить проблему в целом. Так, например, при одних и тех же значениях содержания ила или физической глины почвы могут различаться по минералогическому составу, что, в принципе, может повлиять на результаты их химического анализа. Кроме того, для установления нормы погрешности анализа необходима дополнительная информация о содержании физической глины, причем, эта информация должна быть точной.

Проведенная сравнительная оценка точности разных методов диагностики показала следующее. Применение кислотного метода Кирсанова (ГОСТ 26207) ведет к искусственному занижению оценки калийного состояния почв Украинского Полесья - 45 баллов (табл. 1.3). Это связано с тем, что почвы данной зоны, как правило, имеют легкий гранулометрический состав (менее 20 % физической глины), а иссле-

дования по разработке данных группировок явно проводились на более тяжелых почвах России (по-видимому, среднесуглинистого гранулометрического состава).

Таблица 1.3 - Сравнительная оценка методов диагностики калийного состояния почв Украины (100 баллов - высшая точность)

| Метод | Нормативный документ | Полесье | Лесостепь | Степь |
|------------|----------------------|---------|-----------|-------|
| Мачигина | ДСТУ 4114 | 35 | 115 | 115 |
| Дашевского | Проект ДСТУ | 100 | 100 | 110 |
| Кирсанова | ГОСТ 26207 | 45 | - | - |
| Кирсанова | ДСТУ 4405 | 70 | - | - |
| Масловой | Проект ДСТУ | 80 | 120 | 120 |
| Чирикова | ГОСТ 26204 | - | 170 | 230 |
| Чирикова | ДСТУ 4115 | - | 115 | - |

Применение кислотного метода Чирикова (ГОСТ 26204) приводит к искусенному завышению оценки обеспеченности некарбонатных почв зоны Лесостепи калием (170 баллов) и особенно, почв Степи (230 баллов).

Точность оценки плодородия почв Украины при использовании ДСТУ 4405 (метод Кирсанова) и ДСТУ 4115 (метод Чирикова) по сравнению с соответствующими ГОСТами СССР несколько повышается. Тем не менее, получить объективную оценку калийного состояния почв при широком применении (на миллионах гектаров) "жестких" кислотных методов, чрезвычайно сложно.

Из всех изучаемых методов, только использование солевого метода Дашевского позволяет без всяких поправочных коэффициентов достаточно объективно оценить калийное состояние почв Украины (100-110 баллов). Соответствующий национальный стандарт Украины вступит в действие, вероятно, в 2014 году.

**2 ОЦЕНКА КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ
УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ**

По природным условиям территория Украины в направлении с северо-запада на юго-восток разделяется на три основные зоны: Украинское Полесье, Лесостепь и Степь. Природные зоны существенно различаются годовой суммой активных температур и количеством выпадающих осадков (табл. 2.1).

Таблица 2.1- Среднемноголетняя годовая сумма активных температур и количество осадков в зависимости от климатической зоны Украины

| Зона | Сумма температур выше, °C | | | | Сумма осадков, мм |
|-----------|---------------------------|------|------|------|-------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| Степь | 3590 | 3490 | 3155 | 2600 | 406-514 |
| Лесостепь | 3110 | 2990 | 2660 | 2010 | 547-645 |
| Полесье | 3090 | 2960 | 2595 | 1865 | 621-922 |

Общая площадь земель в Украине составляет 60 млн. га (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Земельный фонд Украины [18]

| Категория земель | Тыс. га | Проценты |
|------------------------|---------|----------|
| Всего земель, тыс. га | 60354,8 | 100 |
| Земли с.-х. назначения | 42337,6 | 70,1 |
| Пашня | 32544,1 | 53,9 |
| Залежь | 404,8 | 0,7 |
| Многолетние насаждения | 912,8 | 1,5 |
| Сенокосы | 2410,2 | 4,0 |
| Пастбища | 5528,5 | 9,1 |

При этом площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 43 млн. га, а площадь пашни - 32,5 млн. га, т.е. степень распаханности сельскохозяйственных угодий составляет 80 %, а сельскохозяйственного освоения – 70 %.

Наиболее пестрым является почвенный покров Полесья, что обусловлено большой неоднородностью гранулометрического и химического состава почвообразующих пород, хорошо развитым мезорельефом, близким уровнем залега-

ния грунтовых вод. Преобладают (более 65%) дерново-подзолистые песчаные и глинисто-песчаные почвы. Дерново-подзолистые и дерновые оподзоленные почвы Полесья распространены на площади 3,8 млн. га, то есть около 10 % всей площади пашни Украины (табл. 2.3).

Почвообразующей породой большей территории зоны Лесостепи служат лессы и лессовидные суглинки, преимущественно суглинистого гранулометрического состава. В почвенном покрове данной зоны преобладают черноземы типичные, составляющие около 57 % общей площади пашни.

Таблица 2.3 – Почвенные ресурсы Украины [20]

| Почвы | Сельскохозяйственные угодья, тыс. га | Пашня, % |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| Черноземы оподзоленные | 3418,7 | 91,6 |
| Черноземы типичные | 5779,6 | 91,8 |
| Черноземы обыкновенные | 10488,6 | 88,3 |
| Черноземы южные | 3639,9 | 88,8 |
| Лугово-черноземные и черноземно-луговые | 2038,9 | 60,0 |
| Светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые оподзоленные | 4333,4 | 80,5 |
| Дерново-подзолистые, оподзоленные, оглеенные | 3850,2 | 74,1 |
| Темно-каштановые, каштановые солонцеватые, лугово-каштановые солонцеватые, солонцы каштановые | 1382,9 | 80,0 |
| Буроземы (оподзоленные, подзолистые, лугово-буроземно-подзолистые, глеевые) | 1110,0 | 43,9 |
| Коричневые | 48,5 | 26,2 |
| Лугово-болотные и болотные | 975,3 | 7,9 |
| Аллювиальные луговые и лугово-болотные | 781,9 | 18,8 |
| Торфовые низинные | 559,4 | 14,9 |
| Дерново-песчаные и пески | 505,5 | 24,2 |
| Другие | 647,9 | 37,5 |
| Всего | 39822,9 | 78,5 |

Почвенный покров Степи на лесовых породах представлен черноземами и каштановыми почвами. Преобладают черноземы обыкновенные, главным образом, тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава: они

составляют около 60 % общей площади пашни. Почвообразующей породой на основной территории зоны Степи является лесс и лессовидные суглинки.

В почве, в отличие от почвообразующих пород, калий находится не только в составе минеральных структур, но и входит в состав сложных органоминеральных комплексов, а также имеется в остатках растительного, животного и микробиологического происхождения.

Характерной особенностью калийного состояния почв является четко выраженная зональность в содержании валового калия, которая определяется, главным образом, гранулометрическим составом почвообразующей породы.

Содержание валового калия возрастает от торфяных и дерново-подзолистых глинисто-песчаных почв Полесья - 0,5-0,8% K₂O, к тяжелосуглинистым и глинистым черноземам южным и темно-каштановым почвам - 2,2-2,4 % K₂O.

На основе данных, полученных при использовании ГОСТов СССР, принято считать, что содержание подвижного (обменного) калия в пахотном горизонте почв отображает природные зональные особенности и тесно связано с валовым калием. Оно колеблется от 1-5 мг K₂O/100 г в дерново-подзолистых глинисто-песчаных почвах Полесья до 23-40 мг K₂O/100 г почвы (по Масловой) в черноземах обыкновенных и южных тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава (табл.2.4).

Таблица 2.4 - Содержание и формы калия в пахотном слое почв Украины [19]

| Почвы | Валовой калий, % | Легко- раство- римый | Обме- ненный | Необ- менно- фиксиро- ванный | мг/100 г почвы | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|---|---|---|---|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Полесье | | | | | | | | | |
| Дерново-слабоподзолистые оглеенные глинисто-песчаные на древнеаллювиальных речных отложениях | 0,79 | 0,9 | 1,0 | 14,6 | | | | | |
| Дерново-среднеподзолистые суглинистые на древнеаллювиальных отложениях | 1,71 | 1,6 | 4,8 | 48,6 | | | | | |
| Светло-серые лесные пылевато-супесчаные на лессах | 1,79 | 1,4 | 3,1 | 49,5 | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|-------|
| Лесостепь | | | | |
| Черноземы типичные малогумусные среднесуглинистые на лессе | 2,11 | 1,1 | 15,7 | 199,0 |
| То же, среднесмытые | 1,93 | 0,7 | 7,3 | 163,2 |
| Черноземы типичные слабогумусированные крупнопылевато-легкосуглинистые | 2,32 | 0,9 | 7,0 | 143,7 |
| То же, среднесмытые | 2,32 | 0,8 | 8,8 | 81,6 |
| Черноземы типичные малогумусные крупнопылевато-среднесуглинистые на лессе | 2,15 | 0,9 | 14,3 | 211,0 |
| То же, среднесмытые | 2,03 | 0,6 | 11,7 | 186,6 |
| Серые лесные легкосуглинистые | 2,08 | 1,5 | 7,7 | 186,0 |
| То же, среднесмытые | 2,06 | 0,6 | 16,9 | 158,7 |
| Темно-серые оподзоленные среднесуглинистые на лессе | 2,24 | 1,1 | 9,1 | 172,7 |
| То же, среднесмытые | 2,33 | 1,5 | 13,9 | 166,7 |
| Черноземы оподзоленные среднесуглинистые на лессе | 2,17 | 0,9 | 18,4 | 242,9 |
| То же, среднесмытые | 2,20 | 1,2 | 15,5 | 244,0 |
| Степь | | | | |
| Черноземы обыкновенные малогумусные тяжелосуглинистые | 1,96 | 1,5 | 23,2 | 209,4 |
| Черноземы обыкновенные малогумусные | 2,28 | 2,0 | 37,0 | 305,3 |
| Черноземы обыкновенные среднегумусные легкоглинистые | 2,23 | 1,2 | 28,0 | 265,9 |
| Черноземы южные легкоглинистые | 2,19 | 1,4 | 28,5 | 250,0 |
| Каштановые остаточно-слабосолонцеватые тяжелосуглинистые | 2,26 | 1,8 | 39,8 | 325,6 |

Если судить о калийном режиме почв по данным так называемых “жестких” (кислотных или щелочных) методов, то создается полная иллюзия того, что в Украине по мере утяжеления гранулометрического состава в направлении с северо-запада на юго-восток обеспеченность почв доступным растениям калием существенно возрастает.

В то же время по данным метода Дащевского (легкорастворимый калий) калийный режим неудобренных пахотных почв мало зависит от типа почв и находится в пределах 0,9-2,0 мг K₂O/100 г почвы.

Использование усовершенствованной системы почвенной диагностики позволило установить, что природный фосфатный уровень пахотных почв Ук-

раины находится на границе низких и средних значений обеспеченности фосфором, а калийный уровень соответствует средней обеспеченности данным элементом питания.

Это объясняет хорошо известные эмпирические данные о высокой эффективности минеральных удобрений, в том числе калийных (при условии оптимизации условий выращивания культур), на большинстве типов ранее экстенсивно используемых пахотных почв.

В таблице 2.5 приведены рекомендуемые дозы удобрений, полученные на основе многочисленных полевых опытов научных учреждений и агрохимслужбы страны. Величины доз, приведенные в справочнике за 1986 год, естественно, являются устаревшими. В данном случае важен тот факт, что оптимальные дозы фосфорных и калийных удобрений под основные культуры практически не уменьшаются при переходе от "бедных" дерново-подзолистых почв к "богатым" черноземам оподзоленным, типичным и обыкновенным.

Таблица 2.5 - Рекомендуемые дозы минеральных удобрений в зависимости от типа почвы и выращиваемой культуры [20]

| Культура | Почва | P ₂ O ₅ , кг/га | K ₂ O, кг/га |
|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Озимая пшеница | Дерново-подзолистая | 90 | 90 |
| | Серая лесная | 90 | 90 |
| | Чернозем оподзоленный | 90 | 90 |
| | Чернозем типичный | 90 | 60 |
| | Чернозем обыкновенный | 90 | 60 |
| Кукуруза на зерно | Дерново-подзолистая | 60 | 90 |
| | Серая лесная | 60 | 90 |
| | Чернозем оподзоленный | 90 | 60 |
| | Чернозем типичный | 90 | 60 |
| | Чернозем обыкновенный | 90 | 60 |
| Сахарная свекла | Дерново-подзолистая | 140 | 190 |
| | Чернозем оподзоленный | 160 | 180 |
| | Чернозем типичный | 170 | 150 |
| | Чернозем обыкновенный | 150 | 140 |

При этом оптимальные дозы удобрений зависят не столько от типа почвы, сколько от биологических особенностей выращиваемой культуры. Некоторое уменьшение доз фосфорных и калийных удобрений на обыкновенных

черноземах зоны Степи объясняется невысокой эффективностью повышенных доз в условиях острого недостатка влаги.

Аксиома агрохимической науки: чем выше уровень плодородия почв в отношении конкретного элемента питания растений, тем ниже оптимальная доза соответствующего удобрения. Близкая реакция растений на удобрение является прямым доказательством отсутствия существенной природной неоднородности разных типов пахотных почв в отношении питательных элементов.

Анализ материалов агрохимслужбы (государственного учреждения "Институт охраны почв Украины"), показал, что в годы так называемой «интенсивной химизации» (1966-1990) средневзвешенное содержание фосфора и калия в почвах страны постоянно росло. В условиях фактически экстенсивного земледелия (1995-2010) наблюдалось постепенное снижение уровня плодородия почв в отношении калия.

При этом интенсивность снижения была значительно ниже прогнозной, полученной нами на основе статистической обработки данных ряда полевых опытов.

Средневзвешенное содержание подвижных форм калия в большинстве пахотных почв Украины уже к 2010 году должно было вернуться к уровню 1966-1970 годов и составлять около 98 мг K₂O/ кг почвы. То есть, обеспеченность калием большинства пахотных почв Украины в настоящее время можно оценить как среднюю.

Согласно же данным агрохимического обследования почв, средневзвешенное содержание K₂O в почвах страны составило к тому времени 112 мг K₂O/кг почвы.

Изучение причин расхождения данных (9,8 и 11,2 мг/100 г), получаемых в полевых опытах научных учреждений и данных агрохимслужбы страны показало, что одним из факторов видимости незначительного снижения содержания P₂O₅ и K₂O в почвах, в условиях резко отрицательного баланса питательных веществ в земледелии, является несовершенство методики обследования. А именно: выведение в последние годы из оборота и обследования наименее плодородных почв. Если в 1966-1970 годах площадь обследования составила

31,8 млн. га, то в 2006-2010 годах - всего 24,8 млн. га. Это автоматически способствовало искусственному завышению статистических показателей.

Согласно разработанному прогнозу, впервые за последние 10-15 лет ожидается прекращение снижения содержания подвижного калия в почвах. Более того, вследствие того, что часть вносимых калийных удобрений растениями не используется, будет наблюдаться определенное повышение калийного уровня почв. К сожалению, в связи с низкими дозами вносимых калийных удобрений, процесс накопления остаточного калия удобрений в почвах будет очень медленным.

Реальное содержание подвижных форм калия в большинстве почв Украины в ближайшее десятилетие останется практически на уровне природного, который соответствует средней обеспеченности калием (не более 8-9 мг $K_2O/100$ г почвы). Поэтому для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, на большинстве неокультуренных, или малоокультуренных пахотных почв страны необходимо вносить калийные удобрения.

3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ ОСНОВНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН УКРАИНЫ

Эффективность калийных удобрений определяется, прежде всего, уровнем плодородия почв, биологическими особенностями культур и климатическими условиями.

Известно, что в направлении с северо-запада на юго-восток, то есть от Полесья до крайнего юга Степи, эффективность калийных удобрений снижается. Данное явление принято объяснять утяжелением гранулометрического состава и увеличением, при этом, содержания подвижного калия. На первый взгляд, данное утверждение выглядит вполне убедительным.

Так, например, согласно анализа почв, природное содержание подвижного калия в пахотном слое почв возрастает с 1-4 мг/100 г почвы (очень низкая обеспеченность калием) в дерново-подзолистых глинисто-песчаных почвах Полесья (ГОСТ 26207-91-метод Кирсанова) до 29-37 мг $K_2O/100$ г почвы (очень

высокая обеспеченность калием) в черноземах обыкновенных и южных тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава зоны Степи (ГОСТ 26204-91- метод Чирикова) [6].

Проведенная статистическая обработка данных географической сети опытов с удобрениями и материалов агрохимической службы Украины (ныне государственного учреждения «Институт охраны почв Украины») показывает, что при этом снижается и окупаемость калийных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы (рис. 3.1).

Поскольку анализ большинства почв проводился по методу Чирикова (по методу Кирсанова – только почвы зоны Полесья), содержание K_2O на рисунке, где представлены почвы всех климатических зон, дано в пересчете именно на метод Чирикова. Дальнейшие исследования показали, что в действительности причинно-следственные связи несколько иные.

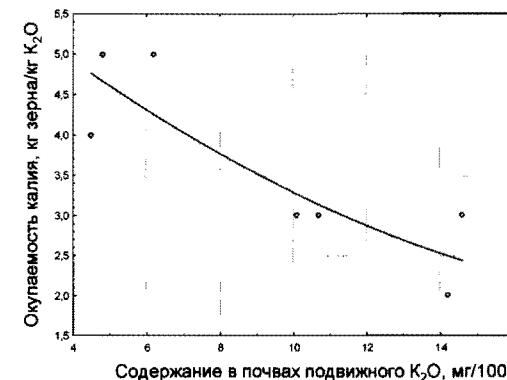


Рисунок 3.1 - Динамика окупаемости калийных удобрений (доза K_{60} на фоне NP) прибавкой урожая зерна озимой пшеницы в направлении с северо-запада на юго-восток Украины.

Как уже отмечалось, почвы на лесовых породах тяжелого гранулометрического состава, в том числе черноземы, содержат повышенное количество различных калийсодержащих минералов. Вследствие этого оценка калийного состояния тяжелых почв, полученная на основе так называемых “жестких” методов, как правило, сильно завышена.

Не менее известен и тот факт, что эффективность применения удобрений

в Украине снижается от западных, более увлажненных, к восточным и юго-восточным, более засушливым провинциям [19].

В таблице 3.1 приведены данные, полученные агрохимической службой Украины. Как видно из приведенных материалов, прирост урожая зерна озимой пшеницы от калийных удобрений, а также их окупаемость прибавкой урожая резко снижается от оподзоленных почв к почвам дернового типа почвообразования.

Так, например, если окупаемость 1 кг калийных удобрений приростом урожая зерна на черноземе оподзоленном и темно-серой оподзоленной почве составляет 6,7-7,0 кг, то на черноземах обыкновенных и южных всего 2,2-2,5 кг.

Анализ агрохимической базы данных ННЦ ИПА показал, что среднее природное содержание подвижного калия (по Чирикову) в черноземах оподзоленных и темно-серых оподзоленных почвах зоны Лесостепи составляет 13,1 мг K₂O/100 г (48 образцов пахотных почв), а в черноземах обыкновенных и южных зоны Степи - 15,0 мг K₂O/100 г (40 образцов почв).

Таблица 3.1- Влияние калийных удобрений (K₆₀) на урожай озимой пшеницы на разных почвах (по данным Института охраны почв Украины)

| Почва | Урожай на фоне NP, ц/га | Прибавка урожая от калия на фоне NP, ц/га | Окупаемость 1 кг K ₂ O прибавкой урожая, кг зерна | Доля урожая от калийных удобрений, % |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Дерново-подзолистая | 30,4 | 3,3 | 5,5 | 10 |
| Темно-серая оподзоленная | 35,1 | 4,2 | 7,0 | 11 |
| Чернозем оподзоленный | 42,4 | 4,0 | 6,7 | 9 |
| Чернозем типичный | 40,4 | 2,1 | 3,5 | 5 |
| Чернозем обыкновенный | 37,0 | 1,3 | 2,2 | 3 |
| Чернозем южный | 40,1 | 1,5 | 2,5 | 4 |
| Темно-каштановая | 39,9 | 0,7 | 1,2 | 2 |

То есть, природная обеспеченность калием почв обеих зон практически одинакова (повышенная обеспеченность). Тем не менее, эффективность удобрений совершенно разная. Таким образом, данные таблицы 3.1 косвенно свидетельствуют о том, что количество калия, извлекаемого раствором уксусной ки-

слоты, не всегда является фактором, определяющим эффективность калийных удобрений.

Одним из наиболее объективных показателей, характеризующих влагообеспеченность территорий, является гидротермический коэффициент Селянина (ГТК). При значениях данного коэффициента за май - сентябрь <1, факто-ром, лимитирующим урожай большинства сельскохозяйственных культур и определяющим низкую эффективность удобрений, является именно недостаток влаги. Это можно показать на примере нескольких, контрастных по этому по-казателю, областей (табл. 3.2).

Как видно из приведенных материалов, величина окупаемости калийных удобрений прибавкой урожая зерна озимой пшеницы, корнеплодов сахарной свеклы и кукурузы на зерно определяется, прежде всего, не столько природным содержанием кислоторастворимого калия в почвах, сколько условиями влагообеспеченности.

Таблица 3.2 - Окупаемость калийных удобрений прибавкой урожая культур

| Область | Средневзвешенное содержание K ₂ O, мг/100 г почвы | Окупаемость, кг/кг д.в. | | Значение ГТК _{V-IX} [18] |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------------|
| | | [20] | [22] | |
| Озимая пшеница | | | | |
| Черниговская | 5,9 | 9,6 | >8 | 1,1-1,3 |
| Закарпатская | 13,6 | 13,5 | >8 | 1,8-2,0 |
| Луганская | 8,2 | 1,5 | <2 | 0,83-0,89 |
| Сахарная свекла | | | | |
| Ивано-Франковская | 10,1 | 44 | 50-70 | 1,5-1,8 |
| Черкасская | 9,9 | 30 | 40-50 | 1,0-1,2 |
| Полтавская | 8,3 | 25 | 20-30 | 0,9-1,0 |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Закарпатская | 13,6 | 9,4 | >9 | 1,8-2,0 |
| Одесская | 9,7 | 1,2 | 2-3 | 0,83-0,89 |
| Луганская | 8,2 | 1,5 | 2-3 | 0,83-0,89 |

Данные, полученные в результате статистической обработки литературных материалов, подтвердили этот вывод (рис. 3.2).

Согласно полученной математической модели, при значении ГТК_{V-IX}, со-ответствующему коэффициенту, например, 1,7 (Львовская область), окупае-

мость 1кг K₂O удобрений составляет 6,1 кг зерна пшеницы, а при значении ГТК_{у-х}-0,7 (Запорожская область) – всего 1,4 кг зерна пшеницы.

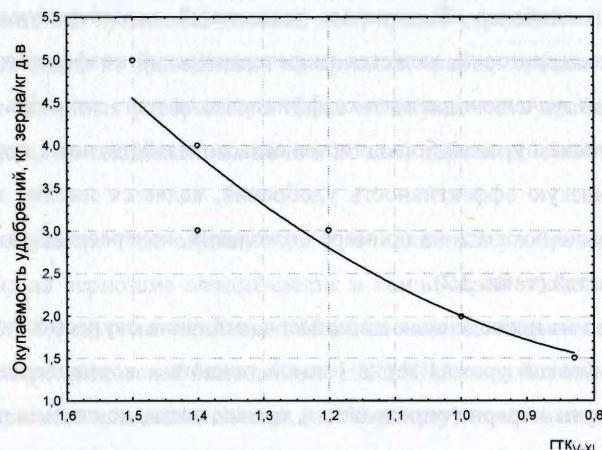


Рисунок 3.2 - Динамика окупаемости калийных удобрений прибавкой урожая зерна озимой пшеницы в направлении с северо-запада на юго-восток Украины в зависимости от значений гидротермического коэффициента

Близкие закономерности были получены и при анализе эффективности удобрений, внесенных под другие основные культуры: кукурузу на зерно и сахарную свеклу.

Таким образом, установлено, что относительно невысокая эффективность калийных удобрений на черноземах обыкновенных, южных и, частично, типичных, темно-каштановых и каштановых почвах связана не столько с “хорошей” обеспеченностью этих почв калием, сколько с недостаточной обеспеченностью влагой.

О том, что полученная закономерность носит универсальный характер, косвенно свидетельствуют данные ВНИИ агрохимии (Российская Федерация) [23]. Доля влияния калийных удобрений в прибавке урожая культур снижается с 20,7-23,9% на почвах хорошо увлажненных Среднерусских провинций южно-таежной-лесной и лесостепной зон Российской Федерации, до 8,5-9,1% в засушливых провинциях степной и сухостепной зон (табл. 3.3).

Следует отметить, что негативно влияет на эффективность калийных удобрений не только недостаток влаги, но и ряд других факторов. Прежде всего, это невысокий, в целом, уровень культуры земледелия, несбалансированность азотно-фосфорного питания, а также несовершенство почвенной диагностики.

Таблица 3.3-Долевое участие азотных и калийных минеральных удобрений в формировании урожая и прибавки урожая от полного удобрения [23]

| Провинция | Урожайность, тонн з.е./га | | Долевое участие полного удобрения в формировании урожая, % | Долевое участие видов удобрений в прибавке урожая от NPK, % | | |
|-------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|------|
| | без удобрений | применение NPK | | N | P | K |
| Южно-таежно-лесная зона | | | | | | |
| Средне-русская | 2,11 | 3,32 | 36,4 | 48,8 | 30,6 | 20,7 |
| Лесостепная зона | | | | | | |
| Средне-русская | 2,87 | 3,96 | 27,5 | 38,5 | 37,6 | 23,9 |
| Степная зона | | | | | | |
| Предкавказская | 4,28 | 5,33 | 19,7 | 42,9 | 48,6 | 8,5 |
| Сухостепная зона | | | | | | |
| Манычско-Донская | 1,76 | 2,09 | 15,8 | 30,3 | 60,6 | 9,1 |

Практика использования новых стандартов на методы определения содержания макроэлементов в почве показала, что только за счет повышения точности диагностики почвенного плодородия, корректировки доз и более рационального распределения удобрений по полям и культурам, эффективность их применения возрастает в среднем на 30 %.

Наблюдаемая в отдельные годы или в отдельных хозяйствах повышенная доступность растениям калия на почвах тяжелого гранулометрического состава объясняется, на наш взгляд, не столько высоким содержанием “подвижного” калия, сколько способностью самих растений “добывать” в благоприятных условиях несколько больше калия при возрастании его общего количества.

К сожалению, практика использования удобрений, в том числе на орошаемых землях, показывает, что возможности растений, даже в этом случае, весьма ограничены.

4 ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

На оподзоленных почвах зоны Лесостепи, характеризующихся хорошей или удовлетворительной обеспеченностью влагой, окупаемость калийных удобрений, как правило, достаточно высокая. Для подтверждения этого положения в 2011 году на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом данной зоны был заложен полевой опыт. Значение ГТК_{V-IX} для данной территории составляет 1,0-1,2.

Исследования проводились в рамках совместного проекта National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky” and International Plant Nutrition Institute.

Содержание подвижного фосфора в данной почве находилось на границе низкой и средней обеспеченности почв этим элементом, а калия – в границах средней обеспеченности (что соответствует природной обеспеченности этими элементами). В качестве калийного удобрения использовался калий хлористый гранулированный производства ПО “Беларуськалий”.

Анализ полученных материалов показал следующее. Одностороннее внесение калия оказалось недостаточно эффективным: с повышением доз калия прибавка урожая зеленой массы кукурузы повышалась, достигая на варианте с внесением 120 кг K₂O/га - 21 ц/га, что находится в пределах ошибки эксперимента (НСР_{0,95} = 22,8 ц/га). Расчет экономической эффективности применения удобрений показал нерентабельность такого использования удобрений.

Внесение 120 кг K₂O/га на фоне 60 кг N/га и 60 кг P₂O₅/га позволило получить статистически достоверные прибавки урожая, соответственно, 48 и 74 ц/га. Сбалансированность азотно-фосфорного питания способствовала существенному повышению отдачи от применения калийных удобрений.

Локализация внесения удобрений под кукурузу на силос на 14-18% повышала урожай этой культуры, в сравнении с разбросным внесением.

Полученная математическая модель зависимости урожая от доз и соотношений калийных и азотно-фосфорных удобрений показала следующее.

Для достижения урожая зеленой массы 500 ц/га (91% от максимального) не обязательно использовать сверхвысокие дозы удобрений. Для этого достаточно внести, например, 40 кг K₂O/га и по 90 кг N и P₂O₅/га, либо другое, более приемлемое для фермера, сочетание доз макроудобрений (рис. 4.1).

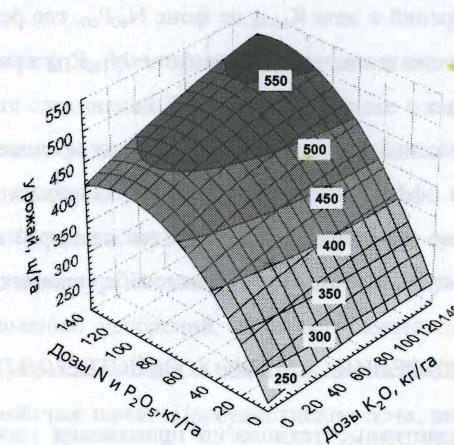


Рисунок 4.1 - Зависимость урожая зеленой массы кукурузы от доз калийных удобрений и оптимизации азотно-фосфорного питания

Расчет экономической эффективности подтвердил данный вывод и показал, что наибольший экономический эффект можно получить при внесении N₉₀P₉₀K₄₀. Уровень рентабельности при этом остается на уровне варианта N₆₀P₆₀K₃₀, но чистый доход увеличивается на 30 %.

Полученные данные подтвердили агрохимическую и экономическую целесообразность применения калийных удобрений на черноземах оподзоленных (значение ГТК_{V-IX} 1,0 и более) при условии оптимизации азотно-фосфорного питания растений.

Период весна-лето 2012 года характеризовался чрезвычайно высокими средними температурами воздуха, превышающими средние многолетние в 1,2-1,3 раза. Кроме того, первая половина вегетационного периода характеризовалась засушливыми условиями (количество осадков было ниже средней многолетней нормы, характерной для Харьковской области, на 21%). В результате, несмотря на статистически достоверную прибавку урожая зерна яровой пшени-

цы 1,9 ц / га при основном внесении дозы K₉₀ (на фоне NP), использование калийных удобрений оказалось нерентабельным.

Опыт с выращиванием сахарной свеклы, проведенный в 2013 году показал следующие результаты. Наиболее экономически целесообразным было внесение калийных удобрений в дозе K₆₀₋₉₀ на фоне N₆₀P₆₀, где рентабельность составила 36-73% соответственно, и K₃₀₋₆₀ на фоне N₁₂₀P₁₂₀ при рентабельности 72-69 % соответственно.

Локализация внесения калийных удобрений под предпосевную культивацию резко повышала эффективность применения калийных удобрений: наивысший эффект как по урожайности корнеплодов сахарной свеклы, так и по выходу сахара был получен именно при этом способе внесения.

5 СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Современные адаптивные технологии применения удобрений одновременно преследуют две основные цели: экономическую и экологическую.

Система удобрения является сложным комплексом агрономических и организационно-экономических мероприятий. Данная система предусматривает объем планирования и приобретение агрохимикатов, их транспортировку и хранение, применение местных удобрений, распределение средств химизации между севооборотами и внесение в почву.

Важнейшим условием эффективного применения удобрений является безусловное соблюдение концепции “4-правил” принятой земледельцами многих стран мира. Согласно основному положению концепции, для устойчивого ведения сельскохозяйственного производства необходима оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений [24].

Кроме того, при разработке системы удобрения, распределении удобрений и расчета их доз следует учитывать следующие факторы.

Приоритетность удобрения культур. Удобрения следует вносить под культуры, которые обеспечивают наибольшую отдачу от их применения.

Фактический уровень плодородия почв и соотношение подвижных форм элементов питания растений в почве. Дозы удобрений и соотношение N : P : K оптимизируются в зависимости от значений агрохимических показателей почв (от уровня обеспеченности подвижными формами питательных веществ).

Удобрения вносятся, прежде всего, на почвах с низким и средним содержанием подвижных соединений. При этом, чем ниже плодородие почвы относительно обеспеченности элементами питания, тем больший эффект от применения соответствующих удобрений.

Достигнутый уровень культуры земледелия и средняя многолетняя урожайность с.-х. культур. Высокая агротехника способствует более рациональному использованию удобрений, позволяет повысить их дозы, рекомендуемые научными учреждениями для данной зоны, на 10-20 %.

Состав и свойства почв. Переуплотнение почв, кислая или сильнощелочная реакция почвенного раствора, легкий гранулометрический состав - это те факторы, которые могут неблагоприятно влиять на эффективность применения удобрений. На таких почвах необходимо либо провести соответствующие агротехнические мероприятия для некоторого улучшения физических и физико-химических условий, либо минимизировать применение удобрений.

На почвах легкого гранулометрического состава рекомендуется снижение доз удобрений согласно уравнению:

$$B = k_1 - 1,37 X \quad (5.1)$$

где B - снижение дозы внесения удобрения (в % от исходной дозы);

k₁ - константа уравнения регрессии;

X - содержание физической глины в диапазоне 20-40 %.

Значения констант не приводятся, поскольку разработку планируется защитить охранным документом как служебный объект интеллектуальной собственности. Кроме того планируется разработка соответствующих компьютерных программ.

В условиях богары на песчаных и супесчаных почвах (менее 20% физической глины) удобрения рекомендуется вносить только во время сева, в дозах

10-15 кг д.в.

Рельеф местности. В условиях зон Лесостепи и Степи недостаток влаги проявляется, прежде всего, на склоновых пахотных почвах, которых в Украине насчитывается до 30-50 %. Этот фактор ведет к снижению эффективности применения удобрений, в том числе калийных. Поэтому на этих почвах рекомендуется снижение дозы удобрения согласно уравнению:

$$A = k_2 + 0,74 B \quad (5.2)$$

где A - снижение дозы внесения удобрения (в % от исходной дозы);

k_2 - константа уравнения регрессии;

B - разница в содержании гумуса по сравнению с плакором (Δ гумус), %.

Согласно модели на сильно ксероморфной почве (снижение содержания гумуса на 50 %) дозу удобрений целесообразно снизить на 40 %.

Применение современных технологий. Удобрения в почву вносятся преимущественно с использованием ресурсосберегающих технологий (локальное внесение удобрений). Локализация значительно ограничивает объем почвы, с которым перемешиваются минеральные удобрения, за счет этого растения лучше снабжаются элементами питания.

Удобрения наиболее эффективны на мелиорированных землях (орошаемых или осущененных, известкованных или гипсованных). Наиболее высокая эффективность удобрений достигается на посевах, защищенных применением пестицидов от сорняков, вредителей и болезней.

6 УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Припосевное внесение калия в составе сложных удобрений под наиболее отзывчивые культуры эффективно практически на всей территории Украины. Основное внесение калийных удобрений (под зяблевую вспашку) под приоритетные культуры (картофель, лен, озимая пшеница) экономически оправдано на большинстве почв Украинского Полесья - 2,5 млн. га.

Целесообразно основное внесение калийных удобрений (при условии до-

статочно высокой культуры земледелия) в зоне Лесостепи на серых лесных почвах, темно-серых оподзоленных и черноземах оподзоленных (приоритетные культуры - сахарная свекла, озимая пшеница, кукуруза на зерно, рапс, картофель). Площадь пашни - 5,9 млн. га.

В условиях богаты экономическая отдача от применения калийных удобрений на черноземах типичных (южная Лесостепь), обыкновенных и южных (зона Степи), как правило, ниже, чем на почвах оподзоленного ряда лесостепной зоны. Тем не менее, с повышением уровня агротехники, широким использованием приемов, направленных на накопление и сохранение почвенной влаги, с оптимизацией азотно-фосфорного питания, агрохимический и экономический эффект от применения калийных удобрений на всех почвах существенно возрастает. Приоритетные культуры, выращиваемые в данной зоне - озимая пшеница, кукуруза на зерно, рапс, подсолнечник. Площадь пашни - 20,5 млн. га.

Без орошения внесение калийных удобрений нелесообразно только в зоне Сухой Степи (темно-каштановые почвы, каштановые солонцеватые, лугово-каштановые солонцеватые, солонцы каштановые - около 3,2 млн. га).

Полной информацией и соответствующими навыками (ноу-хау), позволяющими наиболее точно диагностировать состояние плодородия почв конкретного хозяйства, и на этой основе, разрабатывать оптимальные системы удобрения сельскохозяйственных культур обладают только специалисты Национального научного центра «ИПА имени А.Н. Соколовского.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. –М.: Колос, 1977. -416 с.
2. Safoora Asadi. Influence of different potassium fertilizer sources on sunflower production: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane / Safoora Asadi. – Australia, 2010. – Р. 16–18.
3. Bernardi A.C.C. Variable-Rate Application (VRA) of potassium fertilization for soybean in Brazil / A.C.C. Bernardi, L.M. Gimenez, P.L.O.A. Machado // Electronic International Fertilizer Correspondent. Quarterly correspondent from IPI. International potash institute. – e-ifc No. 27, June 2011. – Р. 14–18.
4. Szewczuk A. Effect of different potassium soil levels and forms of potassium fertilizers on micro-elemental nutrition status of apple trees in early fruiting period / A. Szewczuk, A. Komosa, E. Gudarowska // J. Elementol. – 2009. – 14 (3). – Р. 553–562.
5. Минеев В.Г. Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии /В.Г.Минеев, Л.А.Бычкова //Агрохимия. 2003. №8. -С.5-12.
6. Носко Б.С. Калий в почвах Украины и эффективность калийных удобрений. /Б.С.Носко, Н.В. Лисовой, В.М. Столляр - Харьков: ИПА УААН, 1996.- 177 с.
7. Носко Б.С. Калійні добрива в землеробстві України /Б.С.Носко, В.В. Прокошев -М: Міжнародний інститут калію, 1999. -55 с.
8. Чумаченко И.Н. Симпозиум «Совершенствование методологии исследования фосфатного режима почв, оптимизации питания растений и баланса фосфора в экосистемах» /И.Н.Чумаченко, Ф.В.Янишевский //Агрохимия.1999. № 1. -С.94-96.
9. Прокошев В.В. Теоретические и практические аспекты исследования некоторых методов определения калия в почве / В.В.Прокошев, В.В.Носов // Почва - удобрение - плодородие. -Минск: БелНИИПА, 2000. -С.92-98.
10. Минеев В.Г. Проблема калия в современном земледелии //Плодородие. 2002. № 1. -С.30-31.
11. Павлов К.В. Влияние агрохимических средств на распределение калия по разным формам в дерново-подзолистой почве / К.В.Павлов, В.С. Егоров //Вестник Московского университета. Сер.17. Почвоведение.2002. №2.- С.47-51.
12. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения / В.В.Прокошев, И.П. Дерюгин // Практическое руководство. -М.: Ледум, 2000. -185 с.

13. Прокошев В.В. Освещение проблемы калия в журнале «Агрохимия» //Агрохимия. 2004. № 1. -С.18-24.
14. Христенко А.А. Оценка химических методов определения содержания подвижного калия в почвах //Агрочімія і ґрунтознавство /Міжвід. тематичн. наук. зб. 2007. -Вип. 67. -С.90-98.
15. Христенко А.А. Калийное состояние почв Украины и эффективность калийных удобрений //Питание растений /А.А. Христенко, С.Е.Иванова, Е.Ю.Гладких, Ю.А. Истомина 2012. № 4.-С.2-5.
16. Важсенин И.Г. Методы определения калия в почве // Агрохимические методы исследования почв/ Под ред. А.В.Соколова. 5-е изд. доп. и перераб. - М.: Наука, 1975. -С.191-218.
17. Лазебна М.Є. Система нормативного забезпечення якості та охорони ґрунтів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 “Агро ґрунтознавство та агрофізика” /М.Є. Лазебна. –Харків, 2011.–20 с.
18. Полупан М.І. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України /Рекомендовано Міносвіти та допущено МінАП Укр. як навч. посібн для студентів вищих навчальн. закладів /М.І.Полупан, В.Б.Соловей, В.І.Кисіль, В.А. Величко -Кій: Колообіг, 2005. -303 с.
19. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 2. Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием /Под ред. Б.С.Носко, В.В.Медведева, Р.С.Трускавецкого, Г.Я.Чесняка. –К: Урожай, 1988.-176 с.
20. Довідник працівника агрохімслужби /За ред. Б.С.Носка. –К.:Урожай, 1986.- 312 с.
21. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив.-К.: Урожай, 1990.- 224 с.
22. Спутник агронома: довідник /Є.М.Білецький, М.П. Бобро, С.Ю.Булигін та ін./ за ред. С.Ю.Булигіна. -Х.: ХНАУ, 2010. -256.
23. Державин Л.М. Методология проектирования применения удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях при модернизации земледелия // Агрохимия. -2013. -№ 8. -С.18-29.
24. Иванова С.Е. Современная концепция о рациональных системах применения удобрений //Агрочімія і ґрунтознавство /Міжвід. тематичн. наук. зб. 2011. -Вип. 75. -С.103-107.

Рекомендации по эффективному использованию
калийных удобрений на почвах Украины

Компьютерная верстка и оформление Шаповалова В.С.

Технический редактор Копоть Н.П.

Ответственный за выпуск Христенко А.А.

Подписано к печати 14.12. 2013 г. Формат 60Х 90

Объем условн. стр. Тираж 50 экз.

Заказ №

Отпечатано в типографии издательства ФОП Бродовский И.В.

61024, г. Харьков, ул. Чайковского д. 4

Тел. (068) 611-55-66