

ВЛИЯНИЕ СМЕШИВАНИЯ ПОСЕВОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

А. М. Гребенников

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Как следует из анализа литературных данных, большинство работ по выявлению эффекта взаимовлияния растений ориентировано лишь на исследование продуктивности сельскохозяйственных культур и их кормовой ценности (Бузницкий, 1975; Шлапунов, Крышнева, 1981; Гречканев, Улицина, 1988 и др.). Часто о величине эффекта взаимовлияния растений судят на основании прямого сопоставления данных по урожайности смешанных и чистых посевов исследуемых культур. При этом, как правило, в полевых опытах по установлению влияния смешивания посевов на продуктивность нормы высева культур в смешанных и чистых посевах либо варьируют в широком диапазоне по отношению друг к другу, либо не оговариваются вовсе (Попов с соавт. 1997; Малышев, 1997; Анохина, 2000 и др.). Однако с другой стороны установлено, что величина и направленность эффекта от смешивания посевов часто определяется их уплотнением и соотношениями между отдельными компонентами в смеси (Грюммер, 1957, Часовенная, 1966; Райс, 1978). Известно также, что уплотнение посевов и соотношение между отдельными компонентами в смеси оказывают влияние на эффекты взаимовлияния растений не только на продуктивность, но и на многие другие важные показатели агрообществ (структуру фитоценоза, обеспеченность растений элементами минерального питания, условия питания культур, интенсивность поглощения элементов в растительном сообществе, способность аккумулировать различные химические элементы, в том числе и тяжелые металлы, воздействие на круговорот химических элементов в системе почва–растение) и на свойства почв, определяющие их плодородие (Юрин, 1979; Климашевский, 1990; Эффекты взаимодействия..., 1991 и др.). Поэтому, для обеспечения принципа единственности различия при исследовании эффектов от смешивания посевов по любому из показателей агрофитоценоза, наряду с прочими равными условиями, между сопоставляемыми смешанными и чистыми посевами необходимо соблюдение соответствия по уплотненности и по соотношениям количества семян отдельных компонентов. Однако принцип единственности различия не может быть соблюден при сравнении отдельных чистых посевов со смешанными, так как помимо различий по исследуемому фактору смешивания (эффект от смешивания проявляется в смесях, в чистых посевах он проявляться не может), любой чистый посев отличается от смешанного меньшим количеством входящих в его состав компонентов (чистый посев состоит из одного компонента, смешанный –

из двух и более компонентов). Часто встречаемые в литературе парные сравнения исследуемых показателей на участках с чистыми и смешанными посевами (Олешко, Луткова, 1992) принципиально не могут выявить рафинированный эффект взаимовлияния культур на эти показатели.

Существующая настоящее время разрозненная и противоречивая информация об особенностях проявления фактора смешивания в посевах культур не позволяет с необходимой степенью точности оценить его проявление методами математического моделирования. Принципиально возможно вычлениить влияние фактора смешивания посредством обработки исследуемых показателей в смешанных и соответствующих чистых посевах методами математической статистики. Однако в этом случае потребуются большой объем данных, представляющих значения исследуемых показателей в смешанных и чистых посевах их компонентов, и при этом никогда полностью нельзя быть уверенным в том, что полученные результаты характеризуют только фактор смешивания и не представляют собой результирующие характеристики этого фактора со многими неучтенными и случайными факторами, а также с искажающим наложением статистических допущений (например, необоснованно выбранного типа распределения). Таким образом, применение методов математического моделирования и статистики для оценки фактора смешивания посевов в настоящее время следует считать неэффективным и недостаточно обоснованным.

Из изложенного следует, что основной трудностью проведения оценки эффекта смешивания является принципиальная невозможность непосредственного получения агроценоза, который бы отличался от смешанного сообщества лишь отсутствием фактора смешивания при всех прочих равных условиях. Попытка решения этой проблемы в рамках существующей методики полевого опыта желаемых результатов не принесла.

Для оценки эффекта смешивания разработан метод, позволяющий сохранить единственное различие (по фактору смешивания) между сравниваемыми чистыми и смешанными посевами. Он назван методом построения варианта сравнения. Суть метода состоит в построении для смешанных агросообществ аналогов, которые бы принципиально не были подвержены воздействию фактора смешивания, а в остальном полностью соответствовали бы этим агросообществам. Эти аналоги строятся по данным, полученным на вариантах опыта с чистыми посевами. При этом делается следующее допущение. Если взять определенное количество семян разных культур, то в одном случае их можно посеять на площади S отдельно по отдельным культурам, так чтобы исключить взаимовлияние разных культур (первый способ посева), в другом случае каждую культуру можно равномерно разместить по всей этой площади S , создав смешанный посев (второй способ посева). Полагается, что при остальных прочих равных условиях, все различия по исследуемым показателям между первым и вто-

рым способами посева обусловлены влиянием фактора смешивания и являются его функцией. В первом случае влияние этого фактора отсутствует, во втором – проявляется.

Для упрощения будем считать, что количество семян каждого компонента смеси исходно берется таким, чтобы засеять равные площади в чистых посевах. Как следует из распределения семян по площади S , уплотненность посевов, проведенных разными способами, связана соотношением $d^2_i = d^1_i / n$, а площади, занимаемые отдельными культурами при рассматриваемых способах посева, – обратным соотношением $s^1_i = s^2_i / n$ (где d^1_i и d^2_i – уплотненность посевов, проведенных разными способами; s^1_i и s^2_i – площади, занимаемые отдельными культурами при рассматриваемых способах посева, n – количество компонентов в смеси). Отсюда следует, что в этих соотношениях отражен принцип единственности различия между смешанными посевами и аналогичными растительными сообществами, которые не подвержены воздействию фактора смешивания, поэтому рассматриваемые соотношения должны быть соблюдены при построении варианта сравнения из чистых посевов. Условие, связанное с уплотненностью культур в чистых и смешанных посевах, должно быть выполнено при закладке опыта, соотношение между площадями, занимаемыми культурами в этих посевах, должно быть учтено непосредственно при построении варианта сравнения. Вариант сравнения для показателей агроценоза и свойств почв, не зависящих от начальных условий или их не учитывающих, имеет вид $Vs = \sum(P^1_j) / n$ (1). Для большинства свойств почв, характеризующихся начальными (перед закладкой опыта) значениями свойств, вариант сравнения выглядит следующим образом: $Vs = \sum(P^1_{ik} - P^1_{in}) / n$ (2), где Vs – вариант сравнения; P^1_i – значение исследуемого показателя в чистых посевах; P^1_{in} и P^1_{ik} – соответственно начальное и конечное значение исследуемого показателя в чистых посевах.

Некоторыми авторами отмечена роль смешанных посевов в активизации полезной почвенной микрофлоры (Лупашку, 1974; Гаврилов, 1986), к которой, прежде всего, относятся микроорганизмы, разрушающие целлюлозу.

Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность типичных тяжелосуглинистых черноземов исследовалось на протяжении четырех лет (2001–2004 гг.) в полевым опыте, заложенном на ярусах 5 и 6 Петринского стационара Почвенного института им. В.В. Докучаева. При закладке опыта норма высева культур в смешанных посевах была равна половине от нормы высева культур в чистых посевах, т.е. было соблюдено условие $d^2_i = d^1_i / n$ (для двух компонентных смесей $n = 2$). Опыт проводился по следующей схеме (табл. 1).

Полевой опыт, проводимый в 2001 г., отличался от полевых опытов последующих трех лет тем, что опытные культуры, выращенные в 2001 г., отчуждались с делянок, тогда как в 2002–2004 гг. – использовались в каче-

Таблица 1. Схема проведения полевого опыта в 2001–2004 гг.

№ п/п	Годы проведения опыта	Ярус 5	Ярус 6
1	2001	Культуры опыта (скашивались и вывозились с делянок)	–
2	2002	Озимая пшеница	Культуры опыта (использовались как сидераты)
3	2003	Культуры опыта (использовались как сидераты)	Яровая пшеница
4	2004	Яровая пшеница	Культуры опыта (использовались как сидераты)

стве сидератов (измельчены КИР-1.5 Б и запаханы под зябь в почву). Микробиологическая активность определялась как процент уменьшения массы бумажных фильтров, которые в капроновой оболочке на два месяца (с конца мая по конец июля) закладывались в почву на глубину пахотного (0–25 см) и подпахотного (25–40 см) горизонтов.

Значения микробиологической активности в пахотном и в подпахотном горизонтах под смешанными посевами и для соответствующих вариантов сравнения, полученные в ходе проведения опыта на протяжении 2001–2004 гг. исследований, представлены в табл. 2 и 3. Как следует из таблиц, в условиях опыта с отчуждением выращиваемой продукции (ярус 5) за двухлетний период отмечалась тенденция увеличения микробиологической активности в пахотном горизонте почв под смесями: кукуруза + соя, кукуруза + пайза, соя + подсолнечник, гречиха «Деметра» + подсолнечник. При этом фактор смешивания посевов способствовал возрастанию микробиологической активности, так как в пахотном горизонте почв под смесями по отношению к соответствующему варианту сравнения кратность увеличения микробиологической активности (отношение конечного значения к исходному уровню) несколько выше.

Аналогичные тенденции отмечались для подпахотного горизонта почв яруса 5 под смесями: кукуруза + пайза, соя + пайза, соя + подсолнечник, пайза + подсолнечник, гречиха «Деметра» + подсолнечник.

При использовании выращиваемой продукции в качестве сидеральных удобрений (ярус 6) микробиологическая активность в пахотном горизонте почв за двухлетний период значительно увеличивалась как под чистыми, так и под смешанными посевами.

Таблица 2. Микробиологическая активность в пахотном горизонте смешанных посевов (над чертой) и вариантов сравнения (под чертой), % уменьшения массы бумажных фильтров

Вариант опыта	Ярус 5		Ярус 6	
	2001 г.	2003 г.	2002 г.	2004 г.*
Кукуруза + соя	26.4/17.0	30.8/18.6	24.1/14.9	45.0/22.1
Кукуруза + пайза	49.4/13.0	55.2/11.4	19.5/8.0	39.3/13.3
Соя + пайза	25.5/19.2	24.6/21.0	14.9/17.3	26.9/23.2
Соя + подсолнечник	17.7/17.0	25.0/20.2	19.5/16.1	36.4/22.6
Пайза + подсолнечник	25.5/13.0	24.4/13.0	15.7/9.2	18.1/13.8
Гречиха крылатая + гречиха «Деметра»	10.8/18.2	12.0/19.3	28.7/19.5	33.1/26.1
Соя + гречиха «Крылатая»	15.6/22.5	10.4/25.6	11.1/28.8	18.4/35.3
Соя + гречиха «Деметра»	23.2/18.9	22.8/21.9	10.3/5.6	30.3/22.8
Гречиха крылатая + подсолнечник	11.7/16.3	9.6/17.6	13.3/20.7	15.8/25.9
Гречиха «Деметра» + подсолнечник	13.1/12.7	17.9/13.9	10.3/6.8	17.0/13.4

* В 2004 г. в чистых и смешанных посевах вместо сои высевался горох.

Практически под всеми смесями величина микробиологической активности в пахотном горизонте почв превышала значения для соответствующих вариантов сравнения (за исключением смесей соя + гречиха «Крылатая» и гречиха «Крылатая» + подсолнечник). Кратность увеличения микробиологической активности за двухлетний период для большинства смесей (6 из 10) была выше, чем для соответствующих вариантов сравнения.

В подпахотном горизонте яруса 6 изменение микробиологической активности в целом соответствовало тем же закономерностям, что и в пахотном горизонте. Так же, как и в пахотном горизонте, эффект от смешивания сои и гречихи «Крылатая» оказал негативное действие на увеличение микробиологической активности в почве подпахотного горизонта. С другой стороны, для подпахотного горизонта микробиологическая активность под смесью гречиха «Крылатая» + подсолнечник оказалась выше, чем для соответствующего варианта сравнения, тогда как для почвы подпахотного горизонта под смесью сортов гречихи наблюдалась обратная картина.

Таблица 3. Микробиологическая активность в подпахотном горизонте смешанных посевов (над чертой) и вариантов сравнения (под чертой), % уменьшения массы бумажных фильтров

Вариант опыта	Ярус 5		Ярус 6	
	2001 г.	2003 г.	2002 г.	2004 г.
Кукуруза + соя	10.8/15.9	12.8/17.1	12.6/9.2	22.6/19.3
Кукуруза + пайза	38.6/14.2	43.4/13.2	12.6/10.3	28.4/16.1
Соя + пайза	16.1/13.3	22.2/14.3	17.2/11.5	29.2/17.4
Соя + подсолнечник	10.1/13.8	18.6/16.7	6.4/8.1	34.1/20.2
Пайза + подсолнечник	15.8/12.1	14.6/12.8	12.8/9.2	28.0/17.0
Гречиха крылатая + гречиха «Деметра»	7.4/13.4	8.2/14.5	8.0/13.8	11.8/18.1
Соя + гречиха «Крылатая»	11.5/16.5	9.6/18.5	8.0/15.0	13.9/22.1
Соя + гречиха «Деметра»	8.0/11.9	10.4/14.2	12.6/9.2	20.4/16.6
Гречиха «Крылатая» + подсолнечник	12.2/15.3	12.0/17.0	12.6/12.7	22.1/21.7
Гречиха «Деметра» + подсолнечник	11.3/10.7	16.8/12.7	11.8/6.9	24.3/16.2

Таким образом, в рамках данных опытов в агрообществах: кукуруза + соя, кукуруза + пайза, соя + пайза, соя + подсолнечник, пайза + подсолнечник, гречиха «Деметра» + подсолнечник – эффект от смешивания приводил к увеличению микробиологической активности почв, что проявлялось как в условиях отчуждения выращиваемой продукции, так и при ее использовании в качестве сидератов. Эффект от смешивания сои, подсолнечника и гречихи «Деметра» с гречихой «Крылатой» приводил к уменьшению микробиологической активности почв. Смешивание гречихи «Деметра» с соей практически не сказывалось на изменении микробиологической активности.

Отношение кратности увеличения микробиологической активности почв за двухлетний период на ярусе 6 к аналогичному параметру для яруса 5 позволил оценить увеличение микробиологической активности почв от сидерации наиболее перспективных в этом плане агрообществ. Эта величина для смеси кукурузы и сои составила 1.5–1.6, кукурузы и пайзы – 1.8–2.6, сои и пайзы – 1.2–1.9, сои и подсолнечника – 1.2–1.3, пайзы и подсолнечника – 1.6–3.3, гречихи «Деметра» и подсолнечника – 1.2–1.3.

Таким образом, использование метода построения варианта сравнения позволяет оценить влияние фактора смешивания в разных агрообществах на активность микроорганизмов, разрушающих целлюлозу. В рамках проведенного опыта наиболее значительное влияние на увеличение микробиологической активности типичных тяжелосуглинистых черноземов, как в условиях отчуждения урожая, так и при сидерации, оказало смешивание кукурузы с пайзой и пайзы с подсолнечником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бузицкий Л.Г., Кузьменко А.С.* Уплотненные посевы кукурузы. М.: Колос, 1975. 47 с.
- Шлапунов В.Н., Крышинева Н.Е.* Технология и эффективность возделывания смешанных посевов кормовых культур. Минск, 1981. 39 с.
- Гречканев О.М., Улицина Е.В.* Экологические пути повышения стабильности и продуктивности многокомпонентных кормовых агрофитоценозов // Тез. Всесоюзного совещания "Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности". С. 82–83.
- Попов В.П., Пекеньо Х.П., Малофеев В.М.* Агротехническое значение совмещенных посевов злаковых и бобовых культур // Вест. РАСХН. 1997. №2. С. 35–36.
- Мальшев В.И.* Смешанные посевы однолетних яровых кормовых культур // Степные просторы. № 1–2. 1997. С. 14–16.
- Анохина О.В.* Влияние технологических приемов возделывания смешанных посевов ячменя с нутом на сохранение почвенного плодородия // Почва, жизнь, благосостояние. Пенза, 2000. С. 245–246.
- Грюммер Г.* Взаимное влияние растений – аллелопатия. М.: Изд-во ин. лит., 1957. 262 с.
- Часовенная А.А.* Взаимодействие растений продуктами их выделений - проблема биогеоценологическая // Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоценозе. М.: Наука, 1966. С. 147–159.
- Райс Э.Л.* Аллелопатия. М., 1978. 392 с.
- Юрин П.В.* Структура агрофитоценоза и урожай. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 280 с.
- Климашевский Э.Л.* Теория агрохимической эффективности растений // Агрохимия. 1990. № 1. С. 131–148.
- Эффекты взаимодействия растений в фитоценозах // Методические указания. СПб, 1991. 44 с.
- Олешко П.М., Луткова И.Н.* Влияние агрофитоценоза на обмен веществ растений // Биология культурной флоры Черноземной зоны. Тамбов, 1992. С. 82–86.
- Луцашук М.Ф.* Состояние и перспективы научно-исследовательской работы со смешанными и уплотненными посевами с зернобобовыми культурами

рами // Смешанные и уплотненные посевы с зернобобовыми культурами, ВНИИ зерновых и крупяных культур. Орел, 1974. С. 3–32.

Гаврилов Г.Н. Плодородие слабосмытой почвы в зависимости от способов возделывания кукурузы // Регулирование плодородия черноземов при интенсивном земледелии. Каменная Степь, 1986. С. 94–101.