

АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СОЛОМЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ

К.М. Павлова¹, Д.В. Виноградов^{1,2}, д.б.-н., А.В. Березнов³, к.с.-х.н., М.А. Габитов⁴

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»,
390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1

²МГУ имени М.В. Ломоносова, тел. 8-910-901-81-09

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова»
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а

⁴ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»,
390000, Рязанская область, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46

В условиях Рязанской области на темно-серой лесной почве проведены исследования по изучению последствий различных видов соломы (ячмень, гречиха, люпин), заделанной под предшествующую культуру (озимая рожь), на урожайность зеленой и сухой массы кукурузы. Результаты показали эффективность последствий всех видов соломы на фоне минеральных удобрений. Наилучшие показатели отмечены в варианте с изучением последствий соломы люпина на фоне минеральных удобрений. Урожайность повысилась на 134 ц/га зеленой массы кукурузы, что составляет 51,1%. Такая же закономерность отмечена и по другим видам соломы, но показатели ниже. Данные подтверждаются статистически. Результаты экономического анализа показывают обоснованность использования соломы в севооборотах с участием кукурузы. Рентабельность использования видов соломы повысилась со 144,7% в фоновом варианте до 197,1-225,9% в зависимости от видов соломы.

Ключевые слова: кукуруза, удобрения, солома, темно-серая лесная почва, зеленая масса, урожайность.

Для цитирования: Павлова К. М., Виноградов Д.В., Березнов А.В., Габитов М.А. Агрохимическое обоснование последствий различных видов соломы на продуктивность кукурузы // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 12-14. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.03.

Основной задачей агропромышленного комплекса России является повышение урожайности сельскохозяйственных культур без снижения плодородия почв. В решении поставленных задач важная роль принадлежит кукурузе – продовольственной и кормовой культуре.

Для повышения продуктивности кукурузы необходимо проанализировать влияние различных видов удобрений на урожай и качество производимой продукции, при этом следует обратить внимание на внедрение ресурсосберегающих технологий.

Современные ресурсосберегающие технологии тесно взаимосвязаны с различными видами удобрений, так как растения необходимо бесперебойно обеспечивать основными элементами питания [1, 2]. Основой оптимизации условий питания растений является дополнительное внесение в почву минеральных элементов в виде различных форм и видов удобрений в конкретных почвенно-климатических регионах.

В ресурсосберегающих технологиях особое значение имеют различные растительные остатки, например солома. Она представляет собой энергетический материал для разных почвенных микроорганизмов, которые способствуют переводу элементов питания растений из труднодоступных форм в легкодоступные в процессе их минерализации. В этом случае целлюлозоразрушающие бактерии разрушают клеточную основу и в педосфере образуется новый состав микрофлоры [6, 7].

Целлюлозоразрушающая микрофлора оказывает влияние на скорость разложения лигнина, которая непосредственно связана с расщеплением целлюлозы, входящей в состав соломы.

Скорость разложения соломы в почве определяется различными факторами и наличием источников питания для микроорганизмов. Солома хорошо разлагается при

повышенных влажностях и сумме температур свыше 20°C, а также на хорошо окультуренных почвах.

Процесс полного разложения соломы протекает несколько лет. В первые годы скорость разложения соломы более высокая, так как почвенные бактерии используют легкодоступный углерод и биогенные элементы. Так, на нейтральных почвах растительные остатки разлагаются быстрее, чем на кислых [3].

Изучение последствий различных видов соломы показывает, что состав биогенных элементов в различных видах растительных остатков варьирует в зависимости от почвенно-климатических особенностей. Солома состоит в основном из следующих групп органических соединений: целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, хотя в сухом веществе её также содержатся и другие химические элементы – кальций, магний и др. [4].

В связи с этим изучение последствий видов соломы наиболее актуально как для плодородия почв, так и для продуктивности культур в севообороте.

Методика. Исследования проводили на темно-серой лесной тяжелосуглинистой крупнопылеватой со средним уровнем плодородия почве.

Агрохимический анализ пахотного горизонта показал содержание гумуса 3,1%, реакция почвы слабокислая. Гумус – гуматного типа. Емкость поглощения 25-27 мг-экв., степень насыщенности основаниями в пахотном горизонте 70%. По содержанию фосфора и калия почва относится к среднему классу обеспеченности: P_2O_5 – 9,4 мг/100 г почвы и K_2O – 11,2 мг/100 г почвы.

Климат Рязанской области умеренно-континентальный, с годовым количеством осадков 500-575 мм и суммой температур за вегетационный период свыше 10°C от 2200 до 2300°C.

Исследования на кукурузе закладывали по следующей схеме:

1. $P_{90}K_{90}$ – фон;
2. Фон + N_{45} ;
3. Фон + N_{90} ;
4. Фон + N_{45} + последствие соломы ячменя (ПСЯ);
5. Фон + N_{45} + последствие соломы гречихи (ПСГ);
6. Фон + N_{45} + последствие соломы люпина (ПСЛ).

Весной, по мере прогревания почвы, в первой половине мая проводили посев кукурузы.

На посевах кукурузы помимо минеральных удобрений изучали последствие заделанных видов соломы под предшествующую культуру (озимая рожь) – соломы ячменя, гречихи и люпина.

Химический состав заделанных под предшествующую культуру видов соломы представлен в таблице 1.

Результаты и их обсуждение. Как показывают результаты проведенных исследований, использование

фосфора и калия в дозе по 90 кг д.в./га, в среднем за три года, дает урожай зеленой массы кукурузы 262 ц/га, или 62 ц/га сухой массы. Это количество минеральных удобрений был взято за контроль, с которым сравнивали воздействие на кукурузу исследуемых агроэкологических приемов (табл. 2).

1. Химический состав соломы

Солома	Сухое вещество, %	Органическое вещество, %	% к сырой массе			Отношение С : N
			N	P_2O_5	K_2O	
Ячмень	86	82	0,50	0,19	0,98	80
Гречиха	86	81	0,78	0,61	2,21	60
Люпин	86	81	1,00	0,22	1,58	40

2. Урожайность зеленой и сухой массы кукурузы в зависимости от последствия видов соломы и внесенных удобрений (среднее за 3 года)

Схема опыта	Зеленая масса			Сухая масса			
	урожай, ц/га	прибавка		содержание, %	урожай, ц/га	прибавка	
		ц/га	%			ц/га	%
1. Фон ($P_{90}K_{90}$)	262	–	–	23,5	62	–	–
2. Фон + N_{45}	294	32	12,2	23,1	68	6	9,7
3. Фон + N_{90}	326	64	24,4	22,5	73	11	17,7
4. Фон + N_{45} + ПСЯ	369	107	40,8	22,9	85	23	37,1
5. Фон + N_{45} + ПСГ	361	99	37,8	22,6	82	20	32,3
6. Фон + N_{45} + ПСЛ	396	134	51,1	22,3	88	26	41,9
$HCPO_5$, ц/га	23,7				5,4		

Внесение азотных удобрений в дозе 45 кг д.в./га на фоне фосфорно-калийных ($P_{90}K_{90}$) позволяет повысить урожайность зеленой массы кукурузы на 12,2% (табл. 2).

Это стандартная реакция растений кукурузы на внесение азотного удобрения, так как азот влияет на рост и развитие вегетативной массы растений. Такая же тенденция отмечается и по высоте растений (табл. 3).

3. Высота растений кукурузы по фазам, см (среднее за 3 года)

Схема опыта	Фаза 7 листьев	Фаза 11 листьев	Выметывание
1. Фон ($P_{90}K_{90}$)	25	57	150
2. Фон + N_{45}	27	66	166
3. Фон + N_{90}	28	69	179
4. Фон + N_{45} + ПСЯ	32	75	189
5. Фон + N_{45} + ПСГ	31	72	185
6. Фон + N_{45} + ПСЛ	35	78	198

При увеличении «агрохимического шага» в 2 раза (90 кг д.в./га) прибавка урожая зеленой массы кукурузы существенно возрастает и в среднем составляет 64 ц/га. Независимо от погодных условий внесение 90 кг/га минерального азота дает прибавку урожайности в сухой массе на 17,7% в зависимости от контроля и на 8,0% – от предыдущего уровня.

Немаловажную роль в ресурсосберегающих технологиях играет солома злаковых и зернобобовых культур в качестве органического удобрения. Как показано в таблице 1, соотношение углерода к азоту колеблется в пределах 40-80:1 в зависимости от вида соломы. При таком широком соотношении происходит процесс иммобилизации азота из почвы, так как в нем нуждаются целлюлозоразлагающие бактерии. Для сужения соотношения C/N в соломе в пределах до 20-30:1 используют дополнительно азотные удобрения.

В связи с этим изучали и последствие различных видов соломы. При использовании соломы ячменя совместно с азотными удобрениями на фоне $P_{90}K_{90}$ под

предшествующую культуру, урожайность зеленой кукурузы возрастала на 107 ц/га, или на 40,8%. Такая же тенденция отмечена при расчетном методе и на урожайности сухой массы – 23 ц/га. Данный процесс связан с достаточным разложением соломы ячменя к периоду вегетации кукурузы.

Аналогичная закономерность наблюдалась и при изучении последствия соломы гречихи и люпина. Прибавка от последствия соломы гречихи находилась практически на том же уровне, что и ячменя (99 ц/га, или 37,8%). Данные показатели соломы ячменя и гречихи находятся в пределах ошибки при математической обработке данных ($HCPO_5$ – 23,7 ц/га).

Наибольшая прибавка отмечена в последнем варианте при изучении последствия соломы люпина, прибавка больше наименьшей существенной разницы, относительно предыдущих вариантов – 134 ц/га, или 51,1%. В соответствии с математической обработкой данных прибавка является существенной. Это связано с тем, что отношение С : N более узкое (40), чем у соломы ячменя и гречихи (60-80), содержание азота намного выше [5], что отражается на вегетативной массе кукурузы. По высоте растения в данном варианте, начиная с фазы 7 листьев и заканчивая фазой выметывания, всегда отличались в большую сторону (см. табл. 3).

В соответствии со структурой урожая зеленой массы кукурузы продуктивность повышается за счет увеличения массы растений. Например, в фоновом варианте масса одного растения составляла 211 г, при внесении азота (N_{45} и N_{90}) – 236 и 265 г соответственно. Так, в вариантах с учетом последствия соломы (вар. 4-6) она возрастает в пределах 279-293 г, в зависимости от видов соломы. Наивысший показатель отмечен при последствии зернобобового вида соломы (люпин).

Положительное влияние последствия соломы показывает, что в ризосфере численность

целлюлозоразлагающих микроорганизмов увеличилась в связи с поступлением и разложением органических остатков, которые создают в почве для них благоприятные условия.

Эффективность фиксации азота тесно связана с органическим веществом, которое представляет собой энергетический материал для почвенной микрофлоры. В процессе фиксации азота немаловажную роль играют азотфиксирующие микроорганизмы, которые колонизируют ризосферу культурных растений.

Потребность растений в элементах питания показывает их вынос с основной и побочной продукцией. В связи с этим при разработке систем удобрения практическое значение имеет также учет основных элементов питания растений.

В различных почвенно-климатических зонах одни и те же растения потребляют разное количество питательных элементов и в различном соотношении. Это связано с видовыми и сортовыми особенностями, так как природные факторы накладывают свои особенности на рост и развитие растений, что отражается на конечной фазе их развития, где достигается максимум содержания основных элементов питания.

В связи с этим при использовании ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур необходимо учитывать содержание биогенных элементов в полученной продукции, так как часть элементов отчуждается при уборке с поля. Биогенные элементы являются основой для расчета их выноса с почвенного участка.

В соответствии с данными таблицы 4, необходимо отметить, что содержание фосфора и калия находится практически в одних пределах, наиболее заметно от них отличается содержание общего азота. При внесении азотных удобрений доля азота в сухом веществе возрастает с 1,08 до 1,14-1,16%, а при изучении последствий соломы люпина увеличивается до 1,21%. Все это показывает, что солома зернобобовых культур имеет более высокий мобилизационный потенциал по сравнению с соломой зерновых, т.е. с переводом питательных веществ в доступную для растений форму [8].

4. Влияние удобрений на содержание элементов питания в кукурузе (среднее за 3 года), % от массы сухого вещества

Схема опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Фон (P ₉₀ K ₉₀)	1,08	0,45	1,77
2. Фон + N ₄₅	1,14	0,45	1,78
3. Фон + N ₉₀	1,16	0,46	1,78
4. Фон + N ₄₅ + ПСЯ*	1,18	0,46	1,80
5. Фон + N ₄₅ + ПСГ**	1,17	0,46	1,79
6. Фон + N ₄₅ + ПСЛ***	1,21	0,49	1,79

Основные показатели экономической эффективности показывают, что во всех вариантах получен доход от

10846,57 до 19214,97 руб/га, рентабельность колеблется от 144,7% в фоновом варианте и до 197,1-225,9% в варианте с комплексным использованием минеральных удобрений и последствий растительных остатков в зависимости от вида соломы.

Заключение. Приведенные данные показали, что использование способов повышения продуктивности кукурузы на зеленую массу при заделке различных видов соломы под предшествующую культуру дает агрохимический и экономический эффект в виде получения дополнительной продукции с 262 до 396 ц/га при заделке соломы люпина под предшествующую культуру. Такая же закономерность отмечена и при заделке соломы ячменя и гречихи на фоне минеральных удобрений.

Увеличение зеленой массы кукурузы достигается за счет возрастания массы растения, при этом наблюдается рост доли початков в структуре урожая.

Различные приемы возделывания влияют на содержание биогенных элементов в зеленой массе кукурузы, при этом содержание фосфора и калия в продукции практически стабильное, а количество азота в различных вариантах колеблется от 1,08 до 1,14-1,16%, а при изучении последствий соломы люпина доходит до 1,21%.

Результаты анализа показывают, что применение агроэкологических приемов повышения продуктивности кукурузы на зеленую массу экономически обоснованно. Самый высокий уровень рентабельности – 225,9 % (на 81,2% больше рентабельности контроля) достигнут в варианте с заделкой соломы люпина под предшествующую культуру.

Литература

1. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. и др. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации: монография. – М.: Изд-во ВНИИА, 2012. – 351 с.
2. Габиров М.А. Агроэкологические приемы повышения продуктивности севооборота // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2. – С. 40-44.
3. Самсонова Н.Е. Использование соломы в качестве органического удобрения: учебно-методическое пособие. – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 16 с.
4. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
5. Новиков С.А., Шевченко В.А., Соловьев А.М. Фирсов И.П. Использование соломы и стоков животноводческих комплексов при возделывании зерновых культур // Плодородие. – 2014. – № 5. – С. 32-34.
6. Шур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7. – С. 45-49.
7. Шур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11. – № 4. – С. 139-148.
8. ГОСТ 20432-83. Удобрения. Термины и определения. – 11 с.

AGROCHEMICAL SUBSTANTIATION OF THE AFTEREFFECT OF VARIOUS TYPES OF STRAW ON CORN PRODUCTIVITY

¹Pavlova K.M., ^{1,2}Vinogradov D.V., ³Bereznov A.V., ⁴Gabibov M.A.

¹FGBOU VO "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev"; ²Lomonosov Moscow State University; ³All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov; ⁴Ryazan State University named after S.A. Yesenin

In the conditions of the Ryazan region, studies were conducted on dark gray forest soil to study the aftereffect of various types of straw (barley, buckwheat, lupine) embedded under the previous crop (winter rye) on the yield of green and dry mass of corn. The results showed the effectiveness of the aftereffect of all types of straw against the background of mineral fertilizers. The best indicators were noted in the variant with the study of the aftereffect of lupin straw against the background of mineral fertilizers. The yield has increased by 134 kg / ha of green mass of corn, which is 51.1%. The same pattern was noted for other types of straw, but the indicators are lower. The data is confirmed statistically. The results of the economic analysis show the validity of the use of straw in crop rotations involving corn. The profitability of using types of straw shows an increase from 144.7% in the background to 197.1-225.9%, depending on the types of straw.

Keywords: corn, fertilizers, straw, dark gray forest soil, green mass, yield.