

**ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУКУРУЗЫ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ
НА РАЗНЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУППАХ ЗЕМЕЛЬ****EFFECT OF LIQUID MULTIPLE-NUTRIENT FERTILIZERS ON MAIZE GRAIN QUALITY
AND NUTRIENT REMOVAL ON DIFFERENT AGROECOLOGICAL GROUPS OF LANDS**

Ключевые слова: жидкие комплексные удобрения, кукуруза, качество зерна, КИУ, вынос элементов питания, агроэкологическая группа земель, производственный опыт, схема опыта.

Изучено влияние жидких комплексных удобрений (ЖКУ) марки NPK 7:23:7 совместно с KAC-32 + NS 8:9 на качественные показатели и химический состав зерна кукурузы. Разработана система минерального питания, в основе которой лежит внесение при посеве NPK 7:23:7 в качестве стартового удобрения и междурядная подкормка KAC-32 + NS 8:9. Опыт проводился в Краснодарском крае в 2021-2023 гг. в производственных условиях при выращивании кукурузы на зерно (средне-спелый простой гибрид кукурузы – ДКС 4964). Схема опыта включала в себя 2 фактора: 1-й – схема питания (удобрения), 2-й – агроэкологическая группа земель. Для проведения исследования были выбраны несколько участков, относящихся к разным агроэкологическим группам: плакорные земли и эрозионные. После проведения уборочных работ определяли показатели качества, такие как: сырой протеин, сырая клетчатка и сырой жир, а также химический состав: азот, фосфор и калий. Увеличение доз азотных удобрений, в вариантах с применением ЖКУ, достоверно повышало содержание азота в зерне от 1,19% на контрольном варианте до 1,51% на варианте с применением ЖКУ. Однако внесение ЖКУ и группа земель достоверно не оказали влияние на содержание фосфора и калия в зерне. Вместе с увеличением азота увеличивалось содержание сырого протеина с 11,0 до 12,5%, а также его выход с 1 га до 1114 кг/га. Содержание сырой клетчатки и сырого жира не зависело от схемы питания и агроэкологической группы земель. Применение ЖКУ оказало значительное влияние на величину общего выноса, а также на соотношение элементов. Коэффициент использования (КИ) азота из ЖКУ оказался примерно 67%, тогда как из аммиачной селитры – 52%. Эрозионная группа земель снижала КИ азота и калия примерно на 10%, тогда как на усвоение фосфора достоверного влияния не оказала.

Keywords: liquid multiple-nutrient fertilizers, maize, grain quality, fertilizer use coefficient, nutrient removal, agroecological group of lands, production experiment, experiment design.

The effect of liquid multiple-nutrient fertilizers NPK 7:23:7 in combination with urea-ammonia liquor (UAN) KAS-32 + NS 8:9 on the quality indices and chemical composition of maize grain is discussed. A mineral nutrition system was developed based on the application of NPK 7:23:7 at planting as starting fertilizer and inter-row dressing with the UAN KAS-32 + NS 8:9. The experiment was carried out in the Krasnodar Region from 2021 through 2023 under production conditions when growing maize for grain (mid-season simple maize hybrid DKS 4964). The experimental design included 2 factors: the nutritional scheme (fertilizers) and the agro-ecological group of lands. To conduct the study, several plots belonging to different agro-ecological groups were selected: upland and eroded lands. After harvesting, the following quality indices were determined: crude protein, crude fiber, crude fat, and the chemical composition: nitrogen, phosphorus and potassium content levels. Increasing nitrogen fertilizer rates, in variants with the use of liquid fertilizers, significantly increased the nitrogen content in grain from 1.19% in the control variant to 1.51% in the variant with the use of liquid fertilizers. However, the factors of liquid fertilizer application and the group of lands did not significantly affect the content of phosphorus and potassium in the grain. Along with the increasing nitrogen content, the content of crude protein increased from 11.0 to 12.5%, as well as its yield from one hectare to 1114 kg ha. The content levels of crude fiber and crude fat did not depend on the nutritional pattern and agro-ecological group of the land. The application of liquid fertilizers had a significant impact on the amount of total nutrient removal as well as on the ratio of nutrients. The use coefficients of nitrogen from liquid fertilizers turned out to be approximately 67%, while from ammonium nitrate it was 52%. The eroded group of lands reduced the use coefficients of nitrogen and potassium by approximately 10% while it did not have a significant effect on phosphorus absorption.

Куприянов Алексей Николаевич, аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: kupriyanov.aleksey98@mail.ru.

Kupriyanov Aleksey Nikolaevich, post-graduate student, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: kupriyanov.aleksey98@mail.ru.

Ефимов Олег Евгеньевич, к.с.-х.н., доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: efimov@rgau-msha.ru.

Прохоров Артем Анатольевич, аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: a.prokhorov@gsm-chem.com.

Efimov Oleg Evgenovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: efimov@rgau-msha.ru.

Prokhorov Artem Anatolevich, post-graduate student, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: a.prokhorov@gsm-chem.com.

Введение

Зерновые культуры во всех фазах роста предъявляют высокие требования к обеспеченности питательными элементами в почвенном покрове. Научные исследования ряда авторов [1-4] свидетельствуют, что формирование качественной основной продукции возможно только при сбалансированном питательном режиме, в условиях минимальных непродуктивных потерь элементов питания, с учетом почвенно-климатических условий и особенностей сорта.

Анализ структуры урожая в южных регионах России определяет кукурузу (*Zea mays L.*) как одну из важнейших сельскохозяйственных культур, играющих ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и кормовой базы животноводства. Кукуруза входит в число экспортоориентированной продукции и занимает от 15 до 35% в структуре посевных площадей.

Эффективное производство кукурузы требует оптимальных условий питания, что в значительной степени зависит от грамотного применения удобрений [4, 5]. В последние годы жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) привлекли значительное внимание исследователей и агрономов благодаря своей высокой усвояемости растениями и возможностью их точного внесения [6]. Одним из важнейших аспектов применения ЖКУ является их влияние на качество зерна кукурузы и вынос элементов питания, особенно в различных агроэкологических условиях.

Разнообразие почвенно-климатических условий требует адаптации методов питания к специфике конкретной территории, что может существенно повлиять на результаты возделывания кукурузы [7]. В условиях современного сельского хозяйства, когда на первый план выходит необходимость повышения эффективности использования ресурсов, исследование воздействия ЖКУ на различные показатели урожайности кукурузы приобретает особую актуальность [8].

Данная статья посвящена исследованию влияния жидких комплексных удобрений на ка-

чественные показатели и химический состав зерна кукурузы, а также вынос и коэффициенты использования элементов питания на разных агроэкологических группах земель. Исследования проводились в 2021-2023 гг. в Новокубанском районе Краснодарского края. Статья является продолжением опубликованной работы [9], в которой описаны условия и методы проведения исследования.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является средне-спелый гибрид кукурузы ДКС 4964 (ФАО 370).

Изучаемые факторы:

1) удобрение жидкое ЛиквиФорс марки NPK 7:23:7; удобрение жидкое ЛиквиФорс марки NS 8:9 (разработанные компанией ООО «ДЖИЭСЭМ КЕМИКЛ»); КАС-32 (карбамидно-аммиачная смесь);

2) агроэкологические группы земель: плакорные и эрозионные земельные участки.

До постановки опыта был выполнен агроэкологический анализ местности, который охватывал климатические особенности, характер рельефа, почвенный покров, агрохимические и другие факторы, влияющие на урожайность культур. В ходе исследования было важно обеспечить расположение всех вариантов опыта на одной группе земель в пределах элементарного ареала агроландшафта (ЭАА).

Основной зональный тип почв на территории проведения исследования – чернозем типичный. Плакорная группа земель отражает основные особенности зональных тип почв и представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым на лессовидной легкой глине. Эрозионная группа земель представлена комбинациями черноземов типичных разной степени эродированности.

Методы:

1) учет урожайности проводился сплошным методом с помощью комбайна. Урожай зерна пересчитывали на 14%-ную влажность;

2) влажность зерна определяли экспресс-влажномером Wile 65;

3) определение содержания массовой доли сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, азота, фосфора и калия проводили согласно нормативам и ГОСТ;

4) агрохимические показатели определяли по стандартным агрохимическим методикам и ГОСТу;

5) статистическую обработку проводили с помощью пакета анализа Microsoft Excel 2019 и программы STATISTICA 8.0 [10].

После проведения агроэкологического анализа территории, на основе полученных результатов, была составлена схема двухфакторного опыта, включающая в себя 8 вариантов в 4-кратной повторности.

Вариант 1 – контроль. На контрольных участках посев проводили без внесения минеральных удобрений, все остальные агротехнологические мероприятия были идентичны на всех участках.

Вариант 2 – схема питания, принятая в хозяйстве. На участках со схемой питания хозяйства вносили 150 кг/га аммиачной селитры в разброс под предпосевную культивацию (МТЗ-82.1 + РУМ-1500; John Deere 8420 + Lemken Kompaktor).

Вариант 3 – ЖКУ-1. Удобрение жидкое ЛиквиФорс марки: NPK 7:23:7 (припосевное внесение) + внесение по вегетации: удобрение жидкое ЛиквиФорс NS (8:9) + КАС-32 (ЖКУ). Припосевное внесение в рядок NPK (7:23:7) – 75 л/га или эквивалент 100 кг/га (рабочий раствор с учетом воды 150 л/га). Междурядная культивация в фазу 3-5 листьев с внесением смеси КАС-32 и NS (8:9) – 100 л + 75 л/га или эквивалент 130 кг + 82,5 кг/га.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почв (в среднем за 2021-2023 гг.)

Показатели	Агроэкологическая группа земель	
	плакорные	эрозионные
Гумус, %	3,4	2,6
pH (вод)	6,8	6,7
P ₂ O ₅ *, мг/кг	101	97
K ₂ O*, мг/кг	205	195
S, мг-экв/100 г	35	33
Nлг, мг/кг	77,3	59,5
Физ. глина (менее 0,01 мм), %	54	53

Примечание. *Обеспеченность почв подвижным фосфором и обменным калием по Чирикову.

Таблица 2

Схема опыта

Вариант	Агроэкологическая группа земель (фактор А)	Схема питания (фактор Б)			
		удобрение	физ. вес, кг/га	д.в., кг/га	способ внесения
1 (контроль)	Плакорные	-	-	-	-
2	Плакорные	N _{ac} (34)	150	N ₅₁	Перед посевом
3 (ЖКУ-1)	Плакорные	NPK (7:23:7)	100	N ₇ P ₂₃ K ₇	В рядок при посеве
		КАС-32 + NS (8:9)	130 + 82,5	N ₄₀ + N ₅ S ₆	По вегетации в фазу 3-5 листьев
4 (ЖКУ-2)	Плакорные	NPK (7:23:7)	130	N ₉ P ₃₀ K ₉	В рядок при посеве
		КАС-32 + NS (8:9)	195 + 55	N ₆₂ + N ₄ S ₅	По вегетации в фазу 3-5 листьев
5 (контроль)	Эрозионные	-	-	-	-
6	Эрозионные	N _{ac} (34)	150	N ₅₁	Перед посевом
7 (ЖКУ-1)	Эрозионные	NPK (7:23:7)	100	N ₇ P ₂₃ K ₇	В рядок при посеве
		КАС-32 + NS (8:9)	130 + 82,5	N ₄₀ + N ₅ S ₆	По вегетации в фазу 3-5 листьев
8	Эрозионные (ЖКУ-2)	NPK (7:23:7)	130	N ₉ P ₃₀ K ₉	В рядок при посеве
		КАС-32 + NS (8:9)	195 + 55	N ₆₂ + N ₄ S ₅	По вегетации в фазу 3-5 листьев

Вариант 4 – ЖКУ-2. Удобрение жидкое ЛиквиФорс марки: NPK 7:23:7 (припосевное внесение) + внесение по вегетации: удобрение жидкое ЛиквиФорс NS (8:9) + КАС-32 на плакорных землях (ЖКУ-2). Припосевное внесение в рядок NPK (7:23:7) – 100 л/га или эквивалент 130 кг/га (рабочий раствор с учетом воды 200 л/га). Междурядная культивация в фазу 3-5 листьев с внесением смеси КАС-32 и NS (8:9) – 150 л + 50 л/га или эквивалент 195 кг + 55 кг/га.

Посев проводился пропашными 12-рядными сеялками Mater Масс 12*70 см и шириной захвата 8,4 м, на которые был установлен растениепитатель для внесения ЖКУ, в сцепке с трактором New Holland 7000.

Междурядная культивация проводилась с помощью КРН-5,6, на который был установлен растениепитатель с трактором New Holland 7000.

Описанные 4 варианта были заложены на двух группах земель: плакорные и эрозионные,

то есть в опыте было 8 вариантов. Технология не изменялась от группы земель. Предшественник на всех полях – пшеница озимая. Норма высева 65 тыс. шт/га, междурядье 70 см. Обработки СЗР проводились на всех вариантах одинаково.

Результаты и их обсуждение

В течение трёхлетнего периода исследования наиболее высокую урожайность показали варианты с применением жидких комплексных удобрений (ЖКУ) как на равнинных участках, так и на участках, подверженных эрозии (табл. 3). Лучшие результаты продемонстрировала схема применения ЖКУ-2 на равнинных землях: средняя урожайность за три года составила 89,1 ц/га, это на 14,1 ц больше по сравнению с эрозионными землями при использовании той же схемы и на 10,8 ц выше, чем при применении аммиачной селитры (вариант 2) [9].

Таблица 3

Урожайность кукурузы в среднем за 2021-2023 гг., ц/га

Группа земель (фактор А)	Схема питания (фактор Б)				В среднем по фактору А (НСР ₀₅ = 3,2)
	контроль	аммиачная селитра	ЖКУ-1	ЖКУ-2	
Плакорные	70,1	78,3	80,7	89,1	79,6
Эрозионные	62,7	69,1	70,1	75,1	69,2
В среднем по фактору Б (НСР ₀₅ = 4,6)	66,4	73,7	75,4	82,1	74,4

Применение новой технологии минерального питания повлияло не только на увеличение урожайности кукурузы [6], но и на качество продукции. Увеличение доз азотных удобрений, в вариантах с применением ЖКУ, достоверно повышало содержание азота в зерне от 1,19% на контрольном варианте до 1,51% на варианте с применением ЖКУ (табл. 4).

Внедрение новой технологии минерального питания повлияло не только на повышение урожайности кукурузы [6], но и на улучшение качества зерна. Увеличение доз азотных удобрений в вариантах с применением ЖКУ привело к росту содержания азота в зерне: с 1,19% на контроле до 1,51% на варианте ЖКУ-2 (табл. 4).

Группа земель также оказала значительное влияние на содержание азота в некоторых вариантах. На эрозионных землях, по сравнению с плакорными, наблюдалось снижение уровня азота, причём самая заметная разница зафик-

сирована в вариантах с ЖКУ. Что касается содержания фосфора и калия в зерне, никаких существенных различий между вариантами опыта не выявлено; ни технология питания, ни группа земель не оказали значительного воздействия на эти показатели.

Анализ качественных показателей зерна свидетельствует о том, что совместно с увеличением азота в зерне увеличивались общее содержание протеина и выход сырого протеина с 772 кг/га на контрольном варианте до 1114 кг/га, при максимальной дозе ЖКУ. На остальные показатели качества, такие как сырая клетчатка и сырой жир, применение ЖКУ не оказало существенного и достоверного влияния (табл. 5).

Результаты исследований подтвердили, что использование технологий питания с ЖКУ, в сочетании с агроэкологическими особенностями земель, существенно влияло на повышение урожайности и содержание питательных ве-

ществ в зерне кукурузы. Эти факторы оказали значительное воздействие на объем общего вы-

носа элементов (табл. 6) и на их соотношение в составе урожая.

Таблица 4

Химический состав зерна, % (в среднем за 2021-2023 гг.)

Вариант опыта	Факторы		Азот	Фосфор	Калий
	группа земель (фактор А)	схема питания (фактор Б)			
1	Плакорные	Контроль	1,19	0,43	0,46
2		Аммиачная селитра	1,42	0,44	0,45
3		ЖКУ-1	1,46	0,44	0,41
4		ЖКУ-2	1,51	0,46	0,40
5	Эрозионные	Контроль	1,17	0,40	0,42
6		Аммиачная селитра	1,39	0,39	0,42
7		ЖКУ-1	1,43	0,42	0,41
8		ЖКУ-2	1,50	0,45	0,39
НСР ₀₅			0,03	F _{факт} < F ₀₅	F _{факт} < F ₀₅

Таблица 5

Качественные показатели зерна, % (в среднем за 2021-2023 гг.)

Вариант опыта	Факторы		Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Выход сырого протеина, кг/га
	группа земель (фактор А)	схема питания (фактор Б)				
1	Плакорные	Контроль	11,0	4,4	3,7	772
2		Аммиачная селитра	11,6	4,2	3,9	913
3		ЖКУ-1	11,9	4,1	3,8	964
4		ЖКУ-2	12,5	4,5	4,0	1114
5	Эрозионные	Контроль	10,9	4,1	3,6	682
6		Аммиачная селитра	11,5	3,5	3,4	795
7		ЖКУ-1	11,7	3,6	3,5	823
8		ЖКУ-2	12,3	4,0	3,8	926
НСР ₀₅			0,4	F _{факт} < F ₀₅	F _{факт} < F ₀₅	-

Таблица 6

Вынос элементов питания с основной продукцией (зерно), кг/га (среднем за 2021-2023 гг.)

Вариант опыта	Факторы		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
	группа земель (фактор А)	схема питания (фактор Б)				
1	Плакорные	Контроль	84	30	33	2,8:1,0:1,0
2		Аммиачная селитра	112	35	36	3,2:1,0:1,0
3		ЖКУ-1	118	36	33	3,3:1,0:1,0
4		ЖКУ-2	135	41	35	3,3:1,0:0,9
5	Эрозионные	Контроль	74	25	27	3,0:1,0:1,0
6		Аммиачная селитра	97	27	29	3,6:1,0:1,0
7		ЖКУ-1	101	29	28	3,5:1,0:1,0
8		ЖКУ-2	113	34	29	3,3:1,0:0,85

В среднем за три года хозяйственный вынос (с зерном) NPK на контрольном варианте соста-

вил 84, 30 и 33 кг/га соответственно. Наибольший вынос наблюдался на варианте с макси-

мальной дозой ЖКУ – 112 кг/га N, 35 кг/га P и 36 кг/га K. Предложенные технологии питания с применением ЖКУ пропорционально увеличивали вынос азота совместно с увеличением урожайности. Группа земель также оказала достаточное влияние на вынос азота, разница между двумя группами земель оказалась существенная. Вынос фосфора и калия оказался не зависящим от обоих факторов. Соотношение элементов питания в среднем составляет 3,0:1,0:1,0 (NPK), при этом увеличение дозы азота увеличивает соотношение между элементами примерно до 3,5:1,0:1,0.

По результатам исследования разными методами были посчитаны коэффициенты использования элементов питания из удобрений. Дока-

зано, что азот жидких комплексных удобрений лучше усваивается растениями, чем азот из аммиачной селитры. Коэффициент использования азота в вариантах с ЖКУ варьирует от 68-66% на плакорных землях и 50-52% на эрозионных землях, тогда как из аммиачной селитры – 52% на плакорных и 43% на эрозионных землях.

Коэффициент использования фосфора из ЖКУ заметно не отличался по группам земель – 21,7-35,6% в среднем на плакорных землях и 20,3-30,0% на эрозионных. Однако коэффициент использования калия из ЖКУ уменьшался на эрозионных землях примерно на 10% по сравнению с плакорными землями. КИ калия варьировал от 42,9-59,3% на плакорных землях и 38,3-48,1% на эрозионных.

Таблица 7

Вынос элементов питания с основной продукцией (зерно), кг/га (среднем за 2021-2023 гг.)

Вариант опыта	Факторы		КИУ N, %	КИУ P ₂ O ₅ , %	КИУ K ₂ O, %
	группа земель (фактор А)	схема питания (фактор Б)			
1	Плакорные	Контроль	-	-	-
2		Аммиачная селитра	52,3	-	-
3		ЖКУ-1	66,0	21,7	42,9
4		ЖКУ-2	68,9	35,6	59,3
5	Эрозионные	Контроль	-	-	-
6		Аммиачная селитра	43,1	-	-
7		ЖКУ-1	51,9	20,3	38,3
8		ЖКУ-2	52,0	30,0	48,1

Выводы

Результаты проведённых исследований продемонстрировали, что внесение жидких комплексных удобрений (ЖКУ) способствует увеличению содержания азота в зерне кукурузы на примерно 0,3%, что в свою очередь повышает выход сырого протеина с 1 га. При этом значимого воздействия на уровни фосфора и калия в зерне, а также на содержание сырой клетчатки и сырого жира выявлено не было.

Коэффициенты использования элементов питания из ЖКУ были выше по сравнению с аналогичными показателями для аммиачной селитры. Азот из ЖКУ лучше усваивался растениями как на плакорных, так и на эрозионных землях. Коэффициент использования фосфора не сильно различался между группами земель, в отличие от калия, который на эрозионных землях усваивался хуже, чем на плакорных.

Таким образом, технология минерального питания с применением ЖКУ повышает эффективность использования азота, а также общую урожайность и содержание протеина в зерне

кукурузы, делая данный подход перспективным для использования в хозяйствах и дальнейших исследованиях.

Библиографический список

1. Яковлев, А. В. Влияние удобрений на вынос элементов питания яровой пшеницей в условиях Предгорной зоны / А. В. Яковлев. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-5-10. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7 (213). – С. 5-10. – EDN HQGQPI.
2. Агробиотехнологии XXI века / И. И. Серегина, С. П. Торшин, Н. Н. Новиков [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – 516 с. – ISBN 978-5-6049409-3-8. – EDN TJGOBN. – Текст: непосредственный.
3. Оценка потребности растений в элементах питания с использованием принципов обратной связи / В. И. Савич, В. Д. Наумов, И. И. Тазин [и др.]. – DOI 10.51419/202124404. –

Текст: непосредственный // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 4 (52). – EDN OFCBTS.

4. Дроздова, В. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна кукурузы при выращивании на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. В. Дроздова, И. А. Булдыкова, О. А. Кучукова. – DOI 10.21515/1999-1703-69-140-145. – Текст: непосредственный // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 140-145. – EDN YPJLOC.

5. Легоцкая, Ю. В. Урожайность и качество зерна кукурузы, выращиваемой на черноземе обыкновенном Ростовской области / Ю. В. Легоцкая, И. А. Булдыкова. – Текст: непосредственный // Вектор современной науки: сборник тезисов по материалам Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Краснодар, 15 ноября 2022 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 211-212.

6. Милюткин, В. А. Техничко-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский. – Текст: непосредственный // АгроФорум. – 2020. – № 2. – С. 47-51.

7. Кирюшин, В. И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель / В. И. Кирюшин. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 871-879.

8. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство / под редакцией: В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – Москва; ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – Текст: непосредственный.

9. Куприянов, А. Н. Применение жидких комплексных минеральных удобрений как фактор оптимизации производства продукции растениеводства в условиях изменения климата / А. Н. Куприянов, А. А. Прохоров, А. И. Белолубцев. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-233-3-33-40. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3 (233). – С. 33-40.

10. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. –

Майкоп: Полиграф-Юг, 2015. – 664 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Iakovlev, A.V. Vliianie udobrenii na vynos elementov pitaniia iarovoi pshenitsei v usloviakh Predgornoi zony / A.V. Iakovlev // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 7 (213). – S. 5-10. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-5-10.

2. Agrobiotekhnologii XXI veka / I.I. Seregina, S.P. Torshin, N.N. Novikov [i dr.]. – Moskva: OOO "Megapolis", 2022. – 516 s.

3. Otsenka potrebnosti rastenii v elementakh pitaniia s ispolzovaniem printsipov obratnoi svyazi / V.I. Savich, V.D. Naumov, I.I. Tazin [i dr.] // AgroEkolInfo. – 2022. – No. 4 (52). – DOI 10.51419/202124404.

4. Drozdova, V.V. Vliianie makro- i mikroudobrenii na urozhainost i kachestvo zerna kukuruzy pri vyrashchivanii na chernozeme vyshchelochennom Zapadnogo Predkavkazia / V.V. Drozdova, I.A. Buldykova, O.A. Kuchukova // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 69. – S. 140-145. – DOI 10.21515/1999-1703-69-140-145.

5. Legotskaia, Iu.V. Urozhainost i kachestvo zerna kukuruzy, vyrashchivaemoi na chernozeme obyknovennom Rostovskoi oblasti / Iu.V. Legotskaia, I.A. Buldykova // Vektor sovremennoi nauki: Sbornik tezisov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh, Krasnodar, 15 noiabria 2022 goda. – Krasnodar: Kubanskii GAU imeni I.T. Trubilina, 2022. – S. 211-212.

6. Miliutkin, V.A. Tekhniko-tekhnologicheskoe obosnovanie effektivnosti zhidkikh mineralnykh udobrenii na baze KAS-32, tselesoobraznost i vozmozhnost rasshireniia ikh ispolzovaniia / V.A. Miliutkin, N.G. Dluzhevskii, O.N. Dluzhevskii // AgroForum. – 2020. – No. 2. – S. 47-51.

7. Kiriushin V.I. Metodologiya kompleksnoi otsenki selskokhoziaistvennykh zemel // Pochvovedenie. 2020. No. 7. S. 871-879.

8. Agroekologicheskaya otsenka zemel, proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliia i agrotekhnologii. Metodicheskoe rukovodstvo. Pod red. V.I. Kiriushina, A.L. Ivanova, FGNU «Rosinformagrotekh». Moskva, 2005.

9. Kupriianov, A.N. Primenenie zhidkikh kompleksnykh mineralnykh udobrenii kak faktor optimizatsii proizvodstva produktsii rastenievodstva v

usloviikh izmeneniia klimata / A.N. Kupriianov, A.A. Prokhorov, A.I. Beloliubtsev // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2024. – No. 3 (233). – S. 33-40.

10. Sheudzhen, A.Kh. Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy i statisticheskaya otsenka ikh rezultatov / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva. – Maikop: «Poligraf-lug», 2015. – 664 s.



УДК 631.8.022.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-242-12-31-37

**О.И. Антонова, Е.М. Комякова,
М.Н. Третьякова, Н.В. Акулинин**
O.I. Antonova, E.M. Komyakova,
M.N. Tretyakova, N.V. Akulinin

ДЕЙСТВИЕ БИОПРЕПАРАТА «МИКОТОП» И ВОССТАНОВИТЕЛЯ ПОЧВ NATURAGRO ECOGROW КАК ДЕСТРУКТОРОВ СОЛОМЫ НА ЭМИССИЮ C-CO₂ И СТЕПЕНЬ РАЗЛОЖЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ОПЫТЕ

EFFECT OF MIKOTOP BIOLOGICAL PRODUCT AND NATURAGRO ECOGROW SOIL BUILDER AS STRAW DECOMPOSERS ON C-CO₂ EMISSION AND DECOMPOSITION DEGREE IN A LABORATORY EXPERIMENT

Ключевые слова: биопрепараты, степень разложения, минерализация, углерод, солома, почва.

Keywords: biological products, decomposition degree, mineralization, carbon, straw, soil.

Наиболее полную информацию о характере действия биопрепаратов на процессы их разложения (минерализации) и гумификацию соломы показывают лабораторные опыты, проводимые в оптимальных условиях влажности и температуры. Внесение соломы в дозах 4 и 6 т/га в условиях лабораторного опыта с компостированием чернозема выщелоченного малогумусного среднесуглинистого в чистом виде и с применением биопрепарата «Микотоп» в дозе 1 л/га и NaturAgro EcoGrow с активным кремнием увеличило через 70 дней потери C-CO₂ с 19,12 мг/100 г почвы до 46,96 и 61,08 мг/100 г почвы при внесении одной соломы. При инокулировании соломы биопрепаратом «Микотоп» эмиссия повысилась до 52,74 и 63,28 мг/100 г в соответствии с дозой соломы, а при обработке соломы NaturAgro EcoGrow произошло заметное снижение суммарных потерь C-CO₂ до 38,6 и 51,35 мг/100 г почвы. Биопрепарат «Микотоп» не усиливает разложение соломы по сравнению с вариантами внесения одной соломы, а NaturAgro EcoGrow снижает. Процент минерализации углерода соломы по дозе соломы 4 т равен 15,43%, а по дозе 6 т – 13,41%. При этом Микотоп по дозе 4 т усилил ее до 17,3%, а по дозе 6 т был на уровне внесения одной соломы. NaturAgro EcoGrow снизил минерализацию по обеим дозам: до 12,7 и 11,27% соответственно доз. Внесение соломы в чистом виде и обработанной препаратами к окончанию компостирования способствовало повышению уровня N-NO₃, особенно при внесении 6 т/га соломы.

The most complete information about the nature of the action of biological products on the processes of straw decomposition (mineralization) and humification is shown by laboratory experiments conducted under optimal moisture and temperature conditions. The introduction of straw in doses of 4 and 6 t ha under laboratory conditions with composting of leached low-humus medium-loamy chernozem in its pure form and using the Mikotop biological product at a dose of 1 L ha and NaturAgro EcoGrow soil builder with active silicon in 70 days increased C-CO₂ losses from 19.12 mg per 100 g of soil to 46.96 and 61.08 mg per 100 g of soil when applying straw only. When straw was inoculated with the Mikotop biological product, the emission increased to 52.74 and 63.28 in accordance with the straw dose; and when straw was treated with NaturAgro EcoGrow, there was a noticeable decrease in total C-CO₂ losses to 38.6 and 51.35 mg per 100 g of soil. The biological product Mikotop does not enhance straw decomposition compared to the variants when straw only is applied, while NaturAgro EcoGrow reduces it. The percentage of carbon mineralization of straw at a dose of straw of 4 tons is 15.43, and at a dose of 6 tons - 13.41%. At the same time, Mikotop at a dose of 4 tons increased mineralization to 17.3%, and at a dose of 6 tons it was at the level of applying straw only. NaturAgro EcoGrow soil builder reduced mineralization at both doses: to 12.7 and 11.27%, respectively. The introduction of straw in its pure form and treated with the product under discussion by the end of composting contributed to increasing level of N-NO₃, especially when applying 6 t ha of straw.