



УДК: 631 [84 + 86]: 633.15:631.559:631.582
DOI 10.25230/conf13-2025-03-105

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И КАРБАМИДА
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ВЫРАЩИВАНИЯ В СЕВООБОРОТЕ**

Костеневич В.Н.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
kostenevich80@mail.ru

В статье на основании трехлетних исследований на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве показана роль органических и азотных удобрений в формировании урожая зерна и эффективности его производства. Выявлено, что ежегодно высокий и в среднем наибольший его сбор (9,63 т/га) обеспечивает внесение 50 т/га подстилочного навоза крупного рогатого скота в сочетании с минеральным азотом в виде карбамида в дозе 30 кг/га д.в. до сева + 60 кг/га вразброс в фазе 7–8 листьев. Этот вариант обеспечивает наибольшую величину чистого дохода как на фоне применения органических удобрений (1233,80 руб./га), так и без них (1442,18 руб./га).

Ключевые слова: кукуруза, удобрение, урожайность, чистый доход, себестоимость.

Введение. Важнейшей основой устойчивого функционирования агропромышленного комплекса в условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства является сохранение и повышение плодородия почв. Пропашные культуры, как правило, относятся к типу интенсивных культур с высоким выносом питательных веществ. По этой причине для гумусонакопления наряду с оптимизацией структуры посевных площадей, обработкой почвы, запашкой соломы необходимо совместное применение органических и минеральных удобрений [1]. Благодаря постепенной минерализации питательные вещества из органических удобрений, являющихся источником необходимых кукурузе макро- и микроэлементов, углекислого газа, поступают в растения в течение всего периода вегетации [2]. Из всех элементов питания наиболее важную роль на всех типах почв играет азот [3–5]. Он потребляется кукурузой в течение всего периода вегетации, но более значительно – за 2–

3 недели до выметывания метёлки, достигая максимума в фазы выметывания и цветения, и является основным лимитирующим её урожайность и влияющим на качество продукции элементом [6]. Потребность в азоте в сильной степени изменяется от условий произрастания. Чем больше зависимость от запаса азота, имеющегося в почве, тем больше неопределенность в дополнительном внесении удобрений [7]. Основным условием высокой эффективности азотных удобрений является достаточное обеспечение влагой. В засушливые годы растения кукурузы слабо отзываются на внесение азотных удобрений [8–10]. На легких почвах время внесения азота должно быть согласовано с потребностью в нем растений и его лучше применять в два приема: перед севом и перед тем, как культура будет испытывать наибольшую потребность в этом элементе [11–13].

Целью наших исследований было определить роль органических удобрений и различных доз и сроков внесения карбамида на формирование урожая зерна кукурузы и эффективность ее выращивания после ячменя.

Материалы и методы. Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в 2022–2024 гг. на дерново-палево-подзолистой супесчаной на связных пылеватых (лессовидных) супесях почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м с прослойками песка на контакте, содержащей в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг P_2O_5 , 257–286 мг/кг K_2O , рН – 6,05–6,14. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннюю культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Калийные (K_{120}) в виде хлористого калия и фосфорные удобрения (P_{45}) в виде аммонизированного суперфосфата вносились перед зяблевой вспашкой.

Дозы и сроки внесения карбамида при возделывании кукурузы после ячменя изучались на двух фонах (фактор В): без внесения органических удобрений и с применением подстилочного навоза крупного рогатого скота (50 т/га), который вносили перед зяблевой вспашкой. Схема опыта (фактор А) включала 9 вариантов: контроль без удобрений, 4 варианта с разовым внесением 60, 90, 120 и 150 кг/га д.в. азота до сева и 4 варианта с дробным применением азота: по 30 кг/га до сева + 30, 60, 90 или 120 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы вразброс. Посев гибрида Дарьян осуществлялся 4 мая 2022 г., 21 апреля 2023 г. и 11 апреля 2024 г., всходы появились соответственно 22, 12 и 6 мая. Подкормка проводилась 22, 19 и 10 июня соответственно годам исследований. Учет урожая осуществлялся 20.09.2022 г., 14.09.2023 г., 12.09.2024 г.

Площадь опытных делянок 29,4 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян в опытах составляла 100 тыс. шт./га. Способ сева широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялся гербицид Люмакс, 3,5 л/га + Дублон, 0,2 л/га.

Расчет экономической эффективности выращивания и доработки зерна кукурузы проведен в ценах 2024 г. Стоимость карбамида оценена в 1,067 руб./кг, хлористого калия – 0,12 руб./кг, аммонизированного суперфосфата – 1,58 руб./кг, навоза – 10,0 руб./т с использованием 60 %, семян – 3,3 руб./кг, дизтоплива – 2,4 руб./л, природного газа – 0,725 руб./м³, гербицида Люмакс – 51,55 руб./л, Дублон – 37,0 руб./л. Оплата труда с начислениями составляла 10 руб./ч.

Отличительными особенностями погодных условий в годы проведения исследований являлись: 1) пониженные температуры воздуха после раннего сева в 2024 г., повлекшие продолжительный дождливый период; 2) ежегодный дефицит осадков в августе, а в 2023 г. и в первой половине вегетации; 3) большое количество тепла в 2024 г., впервые отмечаемое за всю историю метеонаблюдений. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2022 г. составила 915 °С, в 2023 г. она равнялась 1148 °С, а в 2024 г. – 1288 °С при норме 896 °С. С мая по сентябрь в 2022 г. выпало 352 мм осадков, в 2023 г. их было лишь 180 мм, в 2024 г. – 281 мм при норме 370 мм.

Результаты и обсуждение. При размещении кукурузы после ячменя, убранный на зерно с запашкой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе 50 т/га обеспечили в 2022 г. средний прирост зерна 8,6 % при урожайности 7,08 т/га, в 2023 г.



эти показатели составили соответственно 12,9 % и 10,85 т/га, в 2024 г. – 16,6 % и 9,29 т/га. (табл. 1). На этом фоне наибольшие сборы зерна (7,42–7,71 т/га) в 2022 г. получены только в двух вариантах: с внесением 30 кг/га азота до сева и 60 или 120 кг/га в фазу образования 7–8 листьев. В 2023 г. лучшие результаты отмечены при высоких дозах азота (120–150 кг/га в один прием или дробно), а также при внесении 30 кг/га до сева и 60 кг/га в подкормку, где урожайность зерна составляла 11,20–11,69 т/га. В 2024 г. при обильных осадках в первую половину вегетации лучшие результаты по урожайности достигнуты в вариантах с допосевным внесением азота, даже в дозе 60 кг/га (9,51–9,58 т/га). Тогда как высокие дозы азота в подкормку ($N_{30} + N_{90}$ и $N_{30} + N_{120}$ кг/га) относительно внесения $N_{30} + N_{60}$, где получена самая высокая урожайность (9,94 т/га), этот показатель существенно снизили. В 2024 г. в отличие от прошлых лет (2022–2023 гг.) эффективность минерального азота на фоне применения органических удобрений была более высокой, когда обильные осадки в первую половину вегетации кукурузы привели к его вымыванию. А подкормки оказались малоэффективными. И при дробном внесении азота только один вариант ($N_{30} + N_{60}$) оказался в числе лучших.

Таблица 1. Урожайность зерна кукурузы стандартной влажности в зависимости от дозы и срока внесения карбамида на различных фонах применения органических удобрений, т/га

| Доза азота, кг/га | Фон – без навоза | | | | Фон – навоз 50 т/га | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------|-------------|-------------|
| | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
| 0 | 5,80 | 8,33 | 6,48 | 6,87 | 6,61 | 9,22 | 7,75 | 7,86 |
| 60 | 6,50 | 9,37 | 7,61 | 7,83 | 6,81 | 9,87 | 9,51 | 8,73 |
| 30+30 | 6,52 | 9,64 | 7,77 | 7,98 | 6,85 | 10,49 | 9,17 | 8,84 |
| 90 | 6,78 | 9,44 | 8,14 | 8,12 | 7,10 | 11,00 | 9,77 | 9,29 |
| 30+60 | 6,94 | 9,77 | 8,43 | 8,38 | 7,42 | 11,53 | 9,94 | 9,63 |
| 120 | 6,48 | 9,69 | 8,52 | 8,23 | 6,96 | 11,40 | 9,54 | 9,30 |
| 30+90 | 6,50 | 10,20 | 8,10 | 8,27 | 7,10 | 11,69 | 9,41 | 9,40 |
| 150 | 6,69 | 10,47 | 8,45 | 8,54 | 7,12 | 11,23 | 9,58 | 9,31 |
| 30+120 | 6,48 | 9,58 | 8,20 | 8,09 | 7,71 | 11,20 | 8,98 | 9,30 |
| <i>Среднее</i> | 6,52 | 9,61 | 7,97 | 8,03 | 7,08 | 10,85 | 9,29 | 9,07 |
| взаимодействие НСР ₀₅ АВ фактора А фактора В | 0,60 0,35 0,20 | 1,01 0,67 0,34 | 0,68 0,48 0,22 | 0,78 0,52 0,26 | | | | |

Урожайность зерна стандартной влажности в этих вариантах составила 9,29–9,63 т/га, превысив контрольный вариант (7,86 т/га) этого фона на 18,22–22,5 %, а безнавозного (6,87 т/га) – на 35,2–40,2 %. Однако ежегодно высокая урожайность зерна формировалась только в одном варианте – внесении 30 кг/га азота до сева + 60 кг/га в фазу 7–8 листьев. Если на фоне навоза эта схема внесения карбамида в среднем за 3 года обеспечивала максимальную урожайность зерна (9,63 т/га), то без него – в варианте с применением N_{150} до сева (8,54 т/га).

Прибавка от внесения органических удобрений (50 т/га) в среднем по всем вариантам опыта составляла 13,0 % или 1,04 т/га. Между тем они существенно удорожают производство зерна. На этом фоне в структуре затрат удобрения в среднем занимают 29,3 % (табл. 2).

В себестоимости зерна доля горюче-смазочных материалов составила 26,2 %, пестицидов – 7,2 %, семян – 3,7 % и оплата труда – 3,5 %. Общие затраты на выращивание и сушку зерна в лучших по урожайности вариантах на фоне 50 т/га навоза ($N_{30} + N_{60}$) составили 2618,20 руб./га, без навоза при внесении до сева N_{150} – 2125,78 руб./га.

Таблица 2. Структура затрат при выращивании кукурузы на зерно, руб./га

| Доза азота, кг/га | Оплата труда | ГСМ | Семена | Удобрения | Пестициды | Амортизация и текущий ремонт | Прочие расходы | Всего |
|-----------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------------------------------|----------------|----------------|
| Фон – без навоза | | | | | | | | |
| 0 | 55,50 | 479,40 | 95,04 | 245,20 | 187,82 | 318,89 | 138,19 | 1520,04 |
| 60 | 60,56 | 501,09 | 95,04 | 384,37 | 187,82 | 368,66 | 159,75 | 1757,30 |
| 30+30 | 61,63 | 511,92 | 95,04 | 384,37 | 187,82 | 372,23 | 161,30 | 1774,31 |
| 90 | 63,21 | 532,92 | 95,04 | 453,96 | 187,82 | 399,88 | 173,28 | 1906,12 |
| 30+60 | 64,28 | 534,44 | 95,04 | 453,96 | 187,82 | 400,66 | 173,62 | 1909,82 |
| 120 | 63,33 | 517,24 | 95,04 | 523,54 | 187,82 | 416,09 | 180,31 | 1983,38 |
| 30+90 | 63,79 | 522,84 | 95,04 | 523,54 | 187,82 | 417,91 | 181,09 | 1992,02 |
| 150 | 65,93 | 544,64 | 95,04 | 593,13 | 187,82 | 445,97 | 193,25 | 2125,78 |
| 30+120 | 63,40 | 522,64 | 95,04 | 593,13 | 187,82 | 438,61 | 190,06 | 2090,70 |
| Среднее | 62,40 | 518,57 | 95,04 | 461,69 | 187,82 | 397,66 | 172,32 | 1895,50 |
| Фон – 50 т/га навоза | | | | | | | | |
| 0 | 82,51 | 636,68 | 95,04 | 545,20 | 187,82 | 464,17 | 201,14 | 2212,55 |
| 60 | 87,04 | 653,42 | 95,04 | 684,37 | 187,82 | 512,31 | 222,00 | 2442,00 |
| 30+30 | 88,29 | 672,49 | 95,04 | 684,37 | 187,82 | 518,40 | 224,64 | 2471,05 |
| 90 | 90,85 | 689,42 | 95,04 | 753,96 | 187,82 | 545,13 | 236,22 | 2598,45 |
| 30+60 | 92,63 | 701,46 | 95,04 | 753,96 | 187,82 | 549,27 | 238,02 | 2618,20 |
| 120 | 92,12 | 712,26 | 95,04 | 823,54 | 187,82 | 573,23 | 248,40 | 2732,42 |
| 30+90 | 91,60 | 687,51 | 95,04 | 823,54 | 187,82 | 565,65 | 245,12 | 2696,28 |
| 150 | 91,51 | 686,48 | 95,04 | 893,13 | 187,82 | 586,19 | 254,02 | 2794,19 |
| 30+120 | 92,12 | 686,00 | 95,04 | 893,13 | 187,82 | 586,23 | 254,03 | 2794,37 |
| Среднее | 89,85 | 680,64 | 95,04 | 761,69 | 187,82 | 544,51 | 235,96 | 2595,50 |

В итоге, несмотря на более высокую стоимость продукции в этих вариантах, величина чистого дохода на обоих фонах самой большой оказалась только в одном варианте применения минерального азота – 30 кг/га до сева и 60 кг/га в фазу 7–8 листьев (табл. 3). На фоне навоза она составила 1233,80 руб./га, без навоза – 1442,18 руб./га. Такая комплексная схема применения удобрений позволяет получить и самую низкую себестоимость зерна (339,85 руб./т), в то время как на безнавозном фоне самый низкий показатель обеспечивается при полном отсутствии внесения карбамида (276,57 руб./т). Но этот показатель не может быть определяющим при выращивании культуры, когда урожай формируется за счет искусственно созданного плодородия почвы без его воспроизводства.

Таблица 3. Экономическая эффективность выращивания кукурузы на зерно в зависимости от дозы и срока внесения карбамида на различных фонах применения органических удобрений

| Доза азота, кг/га | Фон – без навоза | | | | Фон – навоз 50 т/га | | | |
|-------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|----------------|---------------|
| | 1* | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 1520,04 | 2748,00 | 1227,96 | 276,57 | 2212,55 | 3144,00 | 931,45 | 351,87 |
| 60 | 1757,30 | 3132,00 | 1374,70 | 280,54 | 2442,00 | 3492,00 | 1050,00 | 349,66 |
| 30+30 | 1774,31 | 3192,00 | 1417,69 | 277,93 | 2471,05 | 3536,00 | 1064,95 | 349,41 |
| 90 | 1906,12 | 3248,00 | 1341,88 | 293,43 | 2598,45 | 3716,00 | 1117,55 | 349,63 |
| 30+60 | 1909,82 | 3352,00 | 1442,18 | 284,88 | 2618,20 | 3852,00 | 1233,80 | 339,85 |
| 120 | 1983,38 | 3292,00 | 1308,62 | 301,24 | 2732,42 | 3720,00 | 987,58 | 367,26 |
| 30+90 | 1992,02 | 3308,00 | 1315,98 | 301,09 | 2696,28 | 3760,00 | 1063,72 | 358,55 |
| 150 | 2125,78 | 3416,00 | 1290,22 | 311,15 | 2794,19 | 3724,00 | 929,81 | 375,16 |
| 30+120 | 2090,70 | 3236,00 | 1145,30 | 323,04 | 2794,37 | 3720,00 | 925,63 | 375,59 |
| Среднее | 1895,50 | 3213,78 | 1318,28 | 294,43 | 2595,50 | 3629,33 | 1033,83 | 357,44 |

1* – затраты, руб./га, 2 – стоимость продукции (реализация в производстве 80 %), руб./га, 3 – чистый доход, руб./га, 4 – себестоимость 1 т зерна, руб.

Заключение.

1. При размещении кукурузы после ячменя, убранного на зерно с запашкой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе 50 т/га способствуют



существенному приросту зерна (13,0 %). На этом фоне внесение 90–150 кг/га д.в. азота в виде карбамида до сева или дробно, в т.ч. 30 кг/га до сева, обеспечивает урожайность зерна 9,29–9,63 т/га.

2. На фоне применения навоза наибольшая урожайность зерна (9,63 т/га) отмечена при внесении карбамида по схеме: N₃₀ до сева + N₆₀ в фазу образования 7–8 листьев кукурузы вразброс, без органических удобрений – N₁₅₀ до сева, где её урожай составляет 8,54 т/га.

3. Органические и минеральные удобрения в структуре затрат на выращивание и доработку зерна кукурузы занимают наибольшую долю, которая в лучшем по урожайности варианте составляет 28,8 %.

4. Максимальный чистый доход обеспечивается в варианте применения карбамида в дозе 30 кг/га д.в. до сева и 60 кг/га в фазу 7–8 листьев как на фоне органических удобрений (1233,80 руб./га), так и без них (1442,18 руб./га).

Литература

1. Серая Т.М., Богатырева Е.Н. Гумус: источники воспроизводства // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 46–52.
2. Невзоров М.А., Невзоров А.И. Минеральные и органические удобрения как фактор повышения плодородия почв при выращивании кукурузы на силос // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 308–315.
3. Агафонов Е.В., Батаков А.А. Применение удобрений под гибриды разного срока созревания // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 3. – С. 6–7.
4. Агеев В.В., Подколзин А.И. Системы удобрения в севооборотах Юга России: учеб. пособие, 2-е изд., перераб. и доп. Ставрополь: Изд-во СГСХА, 2001. – 352 с.
5. Толорая Т.Р., Лавренчук Н.Ф., Чумак М.В., Малаканова В.П. Кукуруза. Агротехнические основы возделывания на черноземах Западного Предкавказья; Краснодар. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва им. П.П. Лукьяненко. Краснодар, 2003. – 310 с.
6. Крамарёв С.М., Скрипник Л.Н., Усенко Ю.И., Журавель Т.А., Хорсева Л.Ю., Яковишина Т.Ф. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе // Агротехника. – 2002. – № 12. – С. 21–30.
7. Крамарёв С.М. Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных степной зоны Украины // Днепропетровск: Новая идеология. – 2010. – 632 с.
8. Крамарёв С.М., Красенков С.В., Макаренко И.В. Эффективность применения азотных удобрений в агрофитоценозах кукурузы // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2003. – № 2. – С. 36–40.
9. Кошен Б.Н. Сортовая агротехника кукурузы в борьбе с засухой // Кукуруза и сорго. – 2001. – № 6. – С. 5–6.
10. Стулин А.Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 1. – С. 19–24.
11. Ворд Р.С. Азот как биогенный элемент // Зерно. – 2006. – № 11. – С. 15–22.
12. Тулин С.А., Козловская Н.П. Действие азота на продуктивность биомассы и семян раннеспелых гибридов кукурузы // Повышение плодородия и продуктивности песчаных почв. Труды Новозыбковского филиала ВИУА. Вып. 6. Брянск, 1996. – С. 102–107.
13. Надточаев Н. Готовим и удобряем почву под кукурузу // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 52–55.

**EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS AND UREA ON CORN GRAIN YIELD AND
EFFICIENCY OF ITS CULTIVATION IN A CROP ROTATION
Kostenevich V.N.**

The article shows the role of organic and nitrogen fertilizers in the formation of grain yield and efficiency of its production on the basis of three-year studies on sod-podzolic fixed-sabulous soil. It is shown that annually high and on average the largest grain yield (9.63 t/ha) is provided by the application of 50 t/ha of farmyard manure combined with mineral nitrogen in the form of urea in the dose of 30 kg/ha a.i. before sowing + 60 kg/ha in the spreading at the stage of 7-8 leaves. This variant provides the highest value of net income both against the background of organic fertilizers (1233.80 rubles/ha) and without them (1442.18 rubles/ha).

Key words: corn, fertilizer, yield, net income, cost price.