

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ ПОСЛЕ УБОРКИ НА ЗЕРНО ИЛИ СИЛОС

Г.Н. Куркина, аспирант

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино
(Поступила 11.03.2020)*

Рецензент: Бруй И.Г., кандидат с.-х. наук

Аннотация. По данным двухлетних исследований, проведенных на связно-супесчаной почве, установлено, что запашка соломы после уборки кукурузы на зерно позволяет уменьшить дозу азота до 90 кг/га, в то время как при повторном ее возделывании после уборки на силос наибольшая урожайность и величина чистого дохода получены при дозе азота 150 кг/га д.в., внесенных дробно. Запашка соломы в большей степени влияет на рост урожайности листостебельной массы повторной кукурузы, поэтому во второй год ее экономически более выгодно убирать на силос и выращивать при минимуме применения минеральных удобрений ($N_{90}P_0K_{0-90}$) на почвах, содержащих в пахотном слое 2,7 % гумуса, 200 мг P_2O_5 , 286 мг/кг K_2O .

Введение. Интенсивное использование почв пахотных земель в полевых севооборотах снижает потенциальное плодородие почвы: уменьшается содержание гумуса, количество питательных легкоусвояемых веществ, повышается кислотность [1, 2]. В этой связи незаменима роль органических удобрений, которые в результате постепенного высвобождения элементов питания способны обеспечивать растения этими элементами на протяжении всего вегетационного периода. Стандартным органическим удобрением является подстилочный навоз, однако нужно учитывать затратность его транспортировки на удаленные поля [3, 4] и переход на бесподстилочное содержание скота [5]. В результате сокращения применения органических удобрений в пахотных землях Беларуси в большинстве районов отмечается снижение содержания фосфора, калия и гумуса [6], поэтому применение биологических факторов интенсификации в настоящее время является экономической и экологической необходимостью [7].

Запашка соломы возделываемых культур может стать альтернативой солоmistому навозу. Солома без остатка повторно включается в круговорот минерального и органического питания растений для формирования новой биомассы [4]. По содержанию углерода солома (сухая масса) в 3,5–4 раза превосходит подстилочный навоз: из 1 т сухой соломы может образоваться 150 кг гумуса, в то время как из 1 т солоmistого навоза – 40–50 кг [8, 9]. По данным проведенных исследований при урожайности зерна 60 ц/га в почву с листостебельной массой запашивается около 50 ц органического вещества (что эквивалентно 25 т подстилочного навоза), около 40 кг/га азота, 20 кг/га фосфора и 100 кг/га калия [10].

Процесс разложения запаханной соломы, как и любого другого органического вещества, внесенного в почву, является сложным и многоступенчатым. Наиболее интенсивно разложение соломы протекает в течение первых 3 месяцев после ее закладки в почву. За этот период разлагается около 30–50% от ее исходного количества (за год потери соломы достигают 50–80%), оставшая часть минерализуется позднее [11]. На скорость разложения соломы влияют степень измельчения и способ обработки почвы. Основная часть калия (82–92% от исходного содержания), 40–59% фосфора и 8–31% азота высвобождаются из соломы уже осенью. В течение года калий высвобождается на 95–99%, фосфор – на 70–90%, азот – всего на 50–60% [8].

В исследованиях, проведенных в 2008–2011 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве и в СПК «Щемяслица» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, установлено, что наиболее интенсивно минерализация соломы протекала в течение первых двух месяцев после закладки опыта. За этот период степень минерализации соломы кукурузы составила 40–48%. Внесение компенсирующих доз азота увеличивало минерализацию на 6–12% по сравнению с вариантами без азота. В последующем наблюдалось нивелирование в степени минерализации между вариантами без азота и при удобрении азотом. Через 11 месяцев солома кукурузы минерализовалась в среднем на 83% [11].

Наряду с увеличением содержания элементов питания в почве запахивание соломы создает условия для дополнительного накопления влаги в пахотном слое в количестве 9–11 мм, последнее имеет существенное значение в засушливые годы и положительно сказывается на урожайности [7].

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,70% гумуса, 200 мг/кг P_2O_5 , 286 мг/кг почвы K_2O , pH – 6,14.

Предшественник – кукуруза, убранная на зерно с последующей запашкой соломы и на силос с использованием на эти цели всей вегетативной части урожая. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Посев гибрида *Колizeй* осуществлялся 3 мая в 2018 г., 18 апреля в 2019 г., всходы отмечены 11.05 в 2018 г. и 10.05 в 2019 г. Норма высева – 100 тыс. семян/га. Способ сева: широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применяли гербицид Люмакс в норме 3,5 л/га. Площадь опытных делянок 30 м². Повторность – четырехкратная. Схема опыта включала 10 вариантов внесения минеральных удобрений (таблица 1), навоз КРС (60 т/га) – в последствии.

Температурные условия в 2018 г. оказались очень благоприятными для роста и развития кукурузы на протяжении всего вегетационного периода. Во второй и третий летние месяцы, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы в воде, наблюдалось достаточное выпадение осадков, поэтому критический период также проходил в благоприятных условиях.

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант внесения минеральных удобрений (фактор А)	Способ использования урожая предшес- твующей кукурузы (фактор В)	
Контроль (без удобрений)	Уборка на зерно с запашкой соломы (а)	Уборка всей биомас- сы на силос (б)
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀		
N ₉₀ P ₀ K ₉₀		
N ₉₀ P ₀ K ₀		
N ₉₀ P ₀ K ₄₅		
N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		
N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅		
N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		
N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅		
N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		

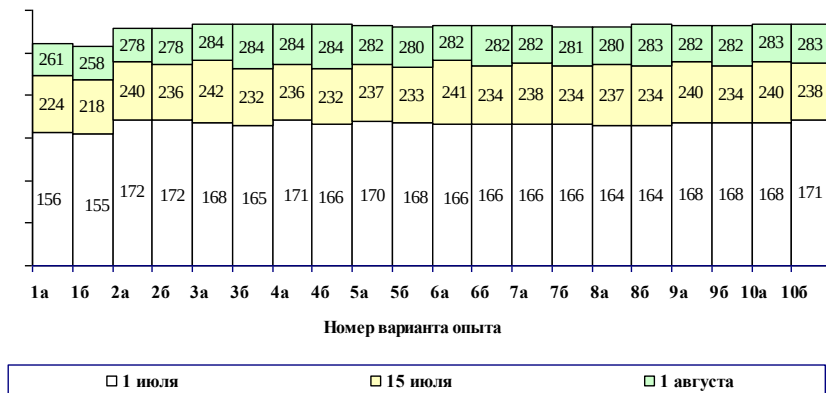
Погодные условия 2019 г. также складывались благоприятно для формирования высокого урожая. Отличительной особенностью данного года являются ранние осенние морозы (–2 °С в ночь на 24 и 25 сентября), после которых длительное время была холодная и дождливая погода. В результате морозов листовая поверхность растений полностью погибла.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2018 г. составила 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2018 году по данным метеостанции Борисов выпало 297 мм, в 2019 г. – 384 мм при норме 370 мм.

Исследования проведены в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [12].

Результаты исследований. Измерение высоты растений кукурузы в динамике показало, что при использовании минеральных удобрений на 15 июля разница по высоте растений относительно контроля в среднем составила 7,7%. На фоне запашки соломы она на 1 см больше относительно фона без нее. Самые высокорослые растения отмечены в варианте с применением N₉₀P₀K₉₀. К окончанию роста растений их высота не зависела от применяемого в опыте фона (с запашкой кукурузной соломы осенью или без нее) и в среднем в вариантах с применением минеральных удобрений равнялась 282 см. В то же время в контроле запашка соломы повышала высоту растений на 3 см: 261 и 258 см соответственно, что существенно ниже, чем при внесении удобрений – 278–284 см (рисунок 1).

Учет урожая в 2018 г. показал, что в контрольном варианте на фоне запашки листостебельной массы урожайность початков составила 158 ц/га, на удобренных вариантах – 187–193 ц/га. На фоне без листостебельной массы урожайность початков в контроле на 12 ц/га или 7,6% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 178–190 ц/га. Повышение дозы азота с 90 до 120–150 кг/га приближало этот показатель к урожайности, полученной на фоне запашки кукурузной соломы.



(а – уборка на зерно, б – уборка на силос)

Рисунок 1 – Действие минеральных удобрений и соломы на высоту растений, см (среднее за 2018–2019 гг.)

Более заметно положительная роль увеличения урожайности от использования кукурузной соломы проявилась на листостебельной массе. Так, средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне запашки соломы составила 254 ц/га, без нее – 231 ц/га, тогда как початков – 186 ц/га и 182 ц/га соответственно.

В 2019 г. урожайность початков в контрольном варианте на фоне запашки соломы составила 176 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 215–228 ц/га. На фоне уборки кукурузы на силос урожайность початков в контроле была на 10 ц/га или 5,7% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 212–228 ц/га. Подобно предыдущему году повышение дозы азота с 90 до 120–150 кг/га приближало этот показатель к урожайности, полученной на фоне запашки кукурузной соломы. Как и в 2018 г., положительная роль от использования кукурузной соломы более заметно проявилась на урожайности листостебельной массы. Так, средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне запашки соломы составила 271 ц/га, без нее – 253 ц/га, тогда как початков – 216 ц/га и 212 ц/га соответственно.

В среднем за 2 года урожайность початков в контрольном варианте на фоне запашки соломы составила 167 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 201–208 ц/га (рисунок 2). На фоне без запашки соломы урожайность початков в контроле была на 11 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 196–209 ц/га. Средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне запашки соломы составила 262 ц/га, без нее – 242 ц/га, тогда как початков – 201 ц/га и 197 ц/га соответственно.

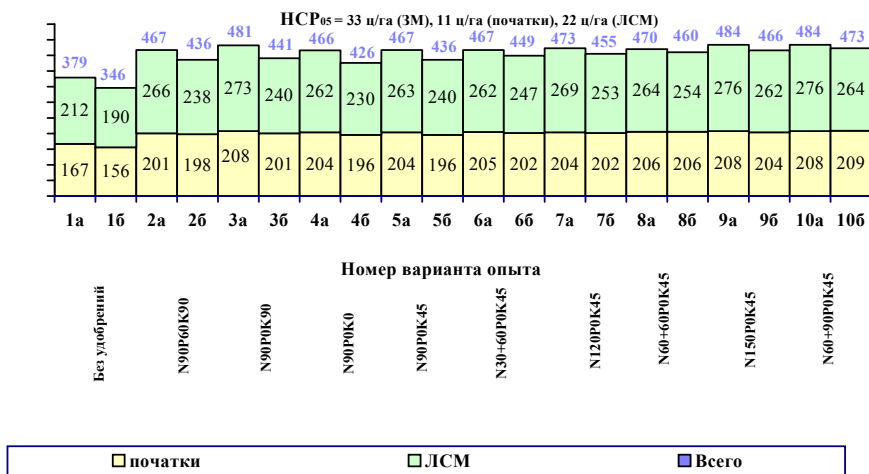


Рисунок 2 – Урожайность зеленой массы кукурузы под действием удобрений в среднем за 2018-2019 гг., ц/га
(а – уборка на зерно, б – уборка на силос)

Урожайность сухого вещества початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы в 2018 г. составила 93,3 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 105,2–111,3 ц/га. На фоне без заправки соломы урожайность початков в контроле была на 6,1 ц/га или 6,5% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 104,3–112,7 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне заправки соломы и без нее – равная (107,4 и 107,1 ц/га), тогда как листостебельной массы – выше на 5,3 ц/га (68,4 и 63,1 ц/га соответственно). Варианты без внесения минеральных удобрений существенно уступали вариантам с их применением. В вариантах с разовым внесением 90 кг/га азота за счет листостебельной массы заметно увеличивался общий сбор сухого вещества кукурузы. Исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранной на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого вещества кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

В 2019 г. урожайность сухого вещества початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы составила 91,5 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 113,8–118,5 ц/га. На фоне без заправки соломы урожайность початков в контроле была на 5,4 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 111,4–120,4 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне заправки соломы составила 113,6 ц/га, без нее – 110,9 ц/га, листостебельной массы – 75,5 и 70,4 ц/га соответственно. Заправка кукурузной соломы во всех вариантах опыта повышала сбор сухого вещества в листостебельной массе. По урожайности сухого вещества в початках этого не наблюдалось в варианте с дробным внесением

150 кг/га азота. Подобно предыдущему году исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранной на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого вещества кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

В среднем за 2 года урожайность сухого вещества початков в контроле на фоне запашки соломы составила 92,4 ц/га, в вариантах, удобренных минеральными удобрениями, – 111,0–114,6 ц/га (рисунок 3). На фоне без запашки соломы урожайность початков в контроле была на 5,8 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 107,9–116,6 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне запашки соломы составила 110,5 ц/га, без нее – 109,0 ц/га, листостебельной массы – 72,0 и 66,8 ц/га соответственно. Запашка кукурузной соломы во всех вариантах опыта повышала сбор сухого вещества в листостебельной массе. По урожайности сухого вещества в початках этого не наблюдалось в вариантах с применением 120–150 кг/га азота и с дробным внесением его в дозе 90 кг/га. Исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранной на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого веществ кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

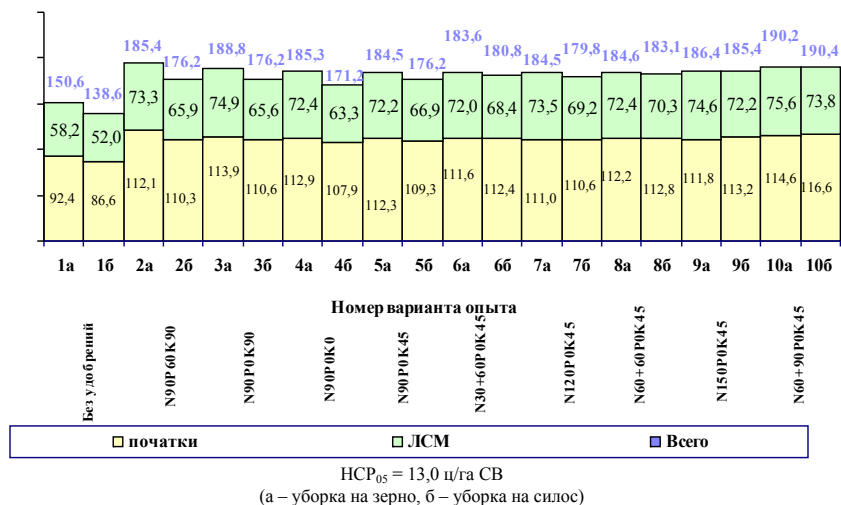


Рисунок 3 – Урожайность сухого вещества кукурузы под действием удобрений в среднем за 2018-2019 гг., ц/га

Средняя по вариантам урожайность зерна кукурузы стандартной влажности в 2018 г. составила 108,8 ц/га на фоне запашки соломы и 108,1 ц/га без нее (таблица 2). Все варианты внесения удобрений на фоне с запашкой соломы по влиянию на урожайность зерна были равноценными. Наибольшее значение от-

мечено в варианте с применением по 90 кг/га азота и калия, а наименьшее – при разовом внесении в основную заправку 150 кг/га азота и 45 кг/га калия. На фоне без заправки кукурузной соломы, напротив, этот вариант, а также вариант с дробным применением такой же дозы азота показал самые лучшие результаты по урожайности зерна. В число лучших также вошли варианты с дробным внесением 90 и 120 кг/га азота и разовым в дозе $N_{90}P_0K_{45}$. Таким образом, только вариант с полным исключением фосфорно-калийных удобрений ($N_{90}P_0K_0$) на фоне без заправки соломы показал существенно меньшую урожайность зерна относительно лучших вариантов опыта.

В 2019 г. заправка соломы кукурузы в среднем по всем вариантам обеспечила существенную прибавку урожая зерна. Особенно это заметно при невысоких дозах азотных удобрений. На фоне заправки соломы лучший результат, подобно предыдущему году, показали варианты с применением по 90 кг/га азота и калия и дробным внесением 150 кг/га азота и 45 кг/га калия. Последний вариант обеспечил наибольшую урожайность и на втором фоне без заправки соломы.

В итоге в среднем за 2 года на фоне заправки соломы все варианты внесения удобрений по урожайности зерна различались несущественно, обеспечив 109,5–115,0 ц/га, а на фоне кукурузы, убранной на силос, исключение фосфора и калия или внесение последнего в половинной дозе при 90 кг/га азота приводило к существенному недобору урожайности зерна относительно лучших вариантов с применением 150 кг/га азота в один прием или дробно.

Таблица 2 – Действие минеральных удобрений и кукурузной соломы на урожайность зерна при повторном возделывании, ц/га

Вариант опыта (фактор А)	Фон с заправкой соломы			Фон без заправки соломы		
	2018 г.	2019 г.	Среднее	2018 г.	2019 г.	Среднее
Контроль	94,4	89,6	92,0	87,6	84,5	86,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	110,4	111,3	110,9	109,9	109,7	109,8
$N_{90}P_0K_{90}$	112,3	117,7	115,0	108,6	110,5	109,6
$N_{90}P_0K_0$	110,9	109,1	110,0	105,0	108,3	106,6
$N_{90}P_0K_{45}$	110,8	108,2	109,5	110,4	105,9	108,2
$N_{30+60}P_0K_{45}$	110,4	114,4	112,4	110,9	109,7	110,3
$N_{120}P_0K_{45}$	109,5	111,6	110,6	109,7	110,4	110,1
$N_{60+60}P_0K_{45}$	109,4	111,7	110,6	111,8	111,4	111,6
$N_{150}P_0K_{45}$	108,3	113,9	111,1	112,6	112,5	112,6
$N_{90+60}P_0K_{45}$	111,6	115,9	113,8	114,3	115,3	114,8
Среднее	108,8	110,3	109,6	108,1	107,8	108,0
НСР ₀₅ АВ	5,9	6,6	6,3			
А	4,1	4,7	4,4			
В	1,9	2,0	2,0			

Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений при различных вариантах уборки предшествующей кукурузы показал, что уборка на зерно с последующей заправкой соломы позволяет получить наибольший чистый доход и наименьшую себестоимость как зерна, так и кормо-

вых единиц при внесении по 90 кг/га д.в. азота и калия (таблица 3). В том случае, когда предшествующая кукуруза убирается на силос, наибольшая величина чистого дохода получена в варианте $N_{90+60}P_0K_{45}$, а самая низкая себестоимость зерна и кормовых единиц – при использовании $N_{30+60}P_0K_{45}$. В среднем по всем вариантам внесения удобрений запашка соломы повышала величину чистого дохода на 26,8 руб./га при уборке кукурузы на зерно и на 73,0 руб./га при уборке на силос. Следовательно, при двухлетнем возделывании кукурузы на одном поле в первый год ее выгодно убирать на зерно, а во второй – на силос.

Таблица 3 – Экономическая эффективность минеральных удобрений и кукурузной соломы при повторном возделывании

Вариант опыта	Фон с запашкой соломы				Фон без запашки соломы			
	Уборка на зерно		Уборка на силос		Уборка на зерно		Уборка на силос	
	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.
Контроль	1294,2	211,33	1873,9	156,15	1119,9	221,93	1648,9	164,68
$N_{90}P_{60}K_{90}$	1571,8	210,27	2235,2	160,03	1534,8	212,21	2124,0	162,78
$N_{90}P_0K_{90}$	1818,4	193,88	2488,5	145,92	1656,8	200,83	2266,9	151,73
$N_{90}P_0K_0$	1676,6	199,58	2395,6	147,58	1570,4	204,68	2187,6	152,98
$N_{90}P_0K_{45}$	1645,6	201,72	2366,4	148,98	1622,7	202,03	2263,0	151,08
$N_{30+60}P_0K_{45}$	1712,3	199,66	2387,1	148,73	1671,2	200,48	2332,4	149,84
$N_{120}P_0K_{45}$	1633,3	204,32	2340,1	151,64	1603,7	206,34	2269,4	153,90
$N_{60+60}P_0K_{45}$	1625,2	205,06	2329,2	152,45	1658,5	203,39	2334,3	151,83
$N_{150}P_0K_{45}$	1576,8	210,07	2270,0	157,14	1639,0	206,44	2334,2	153,75
$N_{90+60}P_0K_{45}$	1663,8	205,80	2390,1	153,07	1725,4	201,71	2433,7	150,64
Среднее	1658,2	203,37	2355,8	151,73	1631,4	204,23	2282,8	153,17

Выводы

1. На дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,70% гумуса, 200 мг P_2O_5 , 286 мг/кг K_2O осенняя запашка соломы после уборки кукурузы на зерно не приводит к заметному повышению высоты растений по сравнению с уборкой кукурузы на силос.

2. Азотные удобрения в дозе 90–150 кг/га на фоне запашки соломы обеспечивают приблизительно близкую урожайность зеленой массы, сухого вещества и зерна повторно возделываемой кукурузы, в то время как после уборки кукурузы на силос для получения максимальных урожаев требуется внесение более высоких доз удобрений – 120–150 кг/га.

3. Запашка соломы в большей степени влияет на рост урожайности листостебельной массы повторной кукурузы, поэтому во второй год ее экономически более выгодно убирать на силос и выращивать при минимуме применения минеральных удобрений ($N_{90}P_0K_{0-90}$).

Литература

1. Еськов, А.И. Повысить эффективность использования органических удобрений / А.И. Еськов // Земледелие. – 2008 – № 4. – С. 18–19.
2. Корчагин, В.А. О воспроизводстве почвенного плодородия / В.А. Корчагин, О.В. Терентьев // Аграрная наука. – 2007. – № 3. – С. 10–11.
3. Серая, Т.М. Сравнительная эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №2(47). – С. 70–77.
4. Серая, Т.М. Влияние систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1 (48). – С. 62–69.
5. Богатырева, Е.Н. Изменение содержания элементов питания и углерода в соломе сельскохозяйственных культур в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах / Е.Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1(48). – С. 70–81.
6. Богдевич, И.М. Динамика плодородия пахотных почв Беларуси / И.М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №1(34). – С. 167–173.
7. Анохина, Т.А. Запашка соломы гречихи как элемент биологического земледелия / Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, Т.Г. Бардиян // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – №2. – С. 62–67.
8. Лапа, В. Кукурузная солома в почвенном «меню» / В. Лапа, Т. Серая, Е. Богатырева // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 44–46.
9. Пехота, А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения / А.П. Пехота // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 179–185.
10. Надточаев, Н.Ф. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н.Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №2 (130). – С. 53–56.
11. Богатырева, Е.Н. Динамика минерализации соломы в дерново-подзолистых почвах / Е.Н. Богатырева [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2013. – №3. – С. 71–76.
12. Методические указания по проведению полевых опытов с кукурузой / ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1980. – 56 с.

EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS IN SECONDARY CULTIVATION OF MAIZE AFTER HARVESTING FOR GARIN OR SILAGE

G.N. Kurkina

According to the two-year studies conducted on sandy loam soil, it's established that straw plowdown after harvesting maize for grain allows reducing the nitrogen rate to 90 kg/ha, while with secondary cultivation after harvesting maize for silage the highest yield and net income value are obtained with the nitrogen rate of 150 kg/ha of primary nutrients. Straw plowdown to a greater extent influences the yield growth of leaf and stem mass of the "secondary" maize. That is why it's more cost effective to harvest it for silage in the second year and grow at the minimum of mineral fertilization ($N_{90}P_0K_{0-90}$) on soils containing 2,7 % of humus, 200 mg of P_2O_5 , 286 mg/kg of K_2O in the plow layer.