

15. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. Навука, 2012. – 288 с.

16. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann [et al.] // Stuttgart, New York. – 1992. – 234 p.

17. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на урожайность яровой тритикале / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1(58). – С.130–137.

DIAGNOSTIC OF THE WINTER TRITICALE FOR SULFUR AND MAGNESIUM NUTRITION ON PODZOLUVISOL LOAMY SOIL

I. S. Stanilevich, I. M. Bogdevitch, Yu. V. Putyatin, V. A. Dovnar, Ye. S. Tretiakov

Summary

The results of field experiments on specially prepared 4 levels of exchangeable magnesium content in the podzoluvisol loamy soil in a wide range of (Mg 45–240 mg/kg) are presented. The parameters of soil and plant diagnostic for sulfur and magnesium supply of winter triticales had been developed. The range of the optimal exchangeable magnesium content Mg 140–155 mg/kg of soil and the equivalent ratio of cations ($\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 4\text{--}5$ and $\text{K}^+ : \text{Mg}^{2+} = 0,6\text{--}0,7$) had been found. The obtained results could be used for the choice of the appropriate fields for triticales grain yield of 70 t/ha and more, as well as to identify the need for foliar spray of plants with solution of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ according to the analysis of soils and plants in the early stages of their development.

Поступила 05.04.2022

УДК 633.15:631.874:631.445.2

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-114-129](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-114-129)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЁНУЮ МАССУ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачёва, О. В. Симанков, С. М. Зенькова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси кукуруза является важной кормовой культурой, которая используется для производства зелёной массы, силоса и зернофуража. Среди кормовых культур по продуктивности ей нет равных: по выходу кормовых единиц с 1 га она превосходит зерновые в среднем в 1,9 и многолетние травы – в 1,7 раза.

По статистическим данным за 2020 год в республике общая уборочная площадь кукурузы достигла 1,2 млн га, из них на силос – более 1 млн га. В последние годы благодаря подбору новых гибридов и усовершенствованным технологиям в Беларуси расширились посевные площади и повысилась урожайность кукурузы, возделываемой на зелёную массу. В системе сортоиспытания, передовых сельхозпредприятиях и экспериментальных опытах продуктивность кукурузы достигает 13 т к. ед./га и более. Однако в целом по стране потенциал культуры реализуется менее чем наполовину – за период 2016–2020 гг. средняя урожайность зелёной массы кукурузы составила 247 ц/га, или 5 т к. ед./га [1]. Недобор урожая происходит в основном из-за нарушений технологии выращивания культуры: неправильного подбора систем удобрения, почв, гибридов, средств защиты растений, сроков сева и уборки.

Особое место в резервах повышения продуктивности кукурузы занимает совершенствование технологий возделывания её на дерново-подзолистых супесчаных почвах, площадь которых в Республике Беларусь составляет 45,2 % пахотных земель, из них почвы с содержанием подвижных фосфатов 151–250 и калия 201–300 мг/кг почвы занимают 31,3 и 28,1 % соответственно [2].

При возделывании кукурузы рекомендуется вносить органические удобрения, что указывает на целесообразность размещения севооборотов с насыщением пропашными культурами вблизи животноводческих комплексов и ферм, обусловленную высокой стоимостью транспортировки органических удобрений на дальние расстояния [2]. Однако на практике, в силу объективных причин, кукуруза часто возделывается на полях, удалённых от животноводческих комплексов, а транспортировка туда органических удобрений экономически нецелесообразна. Альтернативой органическим удобрениям в данном случае может явиться сидерация (применение сидератных культур). Наиболее перспективными для этой цели считаются культуры из семейства капустных, как в наибольшей мере отвечающих основным требованиям, предъявляемым к промежуточным культурам. При заделке подвяленной зелёной массы сидерата с корневыми остатками отношение углерода к азоту составляет 1: 20–30, что близко к показателю в подстилочном навозе [3]. Кроме того, сидерация улучшает агрохимические, физико-химические и физические свойства почвы, повышает её биологическую активность, способствует экологическому оздоровлению почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур [4, 5]. Сравнительная оценка экономической эффективности использования органических удобрений и сидерата, проведенная российскими исследователями, показала предпочтительность использования последнего в пределах расстояния поля более 8 км [6].

Цель исследований заключается в установлении наиболее эффективных агротехнологических приёмов возделывания кукурузы на зелёную массу на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в стационарном технологическом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы на начало проведения исследований: pH – 5,69,

содержание гумуса – 2,5 %, подвижные формы фосфатов – 184 мг/кг и калия – 221 мг/кг почвы. Почва характеризуется оптимальным для сельскохозяйственных культур уровнем кислотности, средним – гумуса, повышенным – фосфора и калия.

Кукурузу Шавокс F1 (среднеранний гибрид) возделывали в двух последовательно открывающихся полях по 3-м технологиям на 2-х фонах использования предшественника и 2-х способах основной осенней обработки почвы.

Применяли следующие технологии возделывания кукурузы:

- **минеральная**: предшественник – озимая пшеница; обработка почвы – вспашка, предпосевная культивация на глубину 10–12 см;

- **органоминеральная**: предшественник – озимая пшеница, внесение 60 т/га солоमистого навоза КРС; обработка почвы – вспашка, предпосевная культивация на глубину 10–12 см;

- **биологизированная**: предшественник – пелюшко-овсяная смесь на зелёную массу + поукосно редька масличная на зелёное удобрение с осенней заделкой всей массы в почву дисковыми боронами на глубину 10–12 см, предпосевная культивация на глубину 10–12 см (рис. 1–4).



Рис. 1. Биомасса пелюшко-овсяной смеси



Рис. 2. Посевы редьки масличной после укоса пелюшко-овсяной смеси



Рис. 3. Биомасса редьки масличной в фазе цветения-начала образования стручков перед измельчением



Рис. 4. Подвяливание измельчённой биомассы редьки масличной перед заделкой в почву

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия применяли в основное внесение, кроме того, карбамид – в подкормки в фазу 5–6 листьев культуры согласно схеме опыта. Микроэлементы бор (0,10 кг д. в./га) и цинк (0,15 кг д. в./га) вносили в виде микроудобрения Микро-

Стим-Цинк, Бор (2,0 л/га) в некорневую подкормку в фазу 5–6 листьев культуры. В ту же стадию проведены подкормки стимуляторами (регуляторами) роста Экогум АФ в дозе 1 л/га и Экосил в дозе 0,10 л/га. Кроме того, в фазу 8–10 листьев культуры согласно схеме опыта проведена подкормка стимулятором роста Экосил Плюс в дозе 0,1 л/га.

Агротехника возделывания – общепринятая для Центральной зоны Беларуси для дерново-подзолистых супесчаных почв.

Агрохимический анализ почвенных образцов включал определение: pH_{KCl} – потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); содержания гумуса по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213 – 84); подвижных форм P_2O_5 и K_2O в 0,2 М вытяжке HCl по методу А. Г. Кирсанова с последующим определением фосфора фотоколориметрическим методом, калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 26207 – 91).

С 60 т/га соломистого навоза влажностью 76 % на 1 га пашни внесено: 336 кг азота, 234 кг фосфора и 372 кг калия. Из подстилочного навоза первой культурой используется 20–25 % азота, 25–30 % фосфора и 50–60 % калия [4].

С 5,6 т/га сухой биомассы редьки масличной в почву на 1 га поступило: 100 кг азота, 47 кг фосфора и 151 кг калия. Из научной литературы известно, что степень минерализации питательных веществ из сидерата в первый год использования в 2 раза выше, чем из подстилочного навоза [7]. В наших расчётах степень использования основных элементов питания из редьки масличной взята в размере 70 %.

Расчёт экономической эффективности внесения удобрений [8] выполнен на прибавку урожая от применяемых агротехнологических приёмов в ценах на 2021 г. в долларовом эквиваленте: транспортировка до 5 км и внесение подстилочного навоза КРС – 3,5 USD/т, стоимость кормовой единицы взята в размере 80 USD/т, затраты на уборку и доработку прибавки урожая – 25 USD/т. При возделывании кукурузы на сидератном фоне учитывали дополнительные затраты: на закупку семян редьки масличной – 50 USD/га и посев – 9,4 USD/га. Кроме того, от общей суммы затрат на этом фоне была вычтена разница между затратами на вспашку и культивацию – 20,6 USD/га. Затраты на органические удобрения под кукурузу, как первую культуру севооборота, взяты в размере 70 %, сидерата – 80 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важное значение для развития растений кукурузы имеет количество и распределение осадков, а также температурный режим. За весенне-летний период ГТК по месяцам изменялся от 0,6 до > 1,6, а в целом вегетационные периоды 2020–2021 гг. характеризуются как избыточно увлажнённые.

Считается, что для выращивания кукурузы на зелёную массу сумма активных температур должна составлять 1800–2400 °С, а оптимальная температура, при которой растения интенсивно накапливают сухое вещество, +18 – +20 °С [9, 10].

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. с несколько пониженной тепло- и хорошей влагообеспеченностью были достаточно благоприятны для формирования высокой продуктивности зелёной массы кукурузы (до 810 ц/га). Обильные осадки в июле, превышающие норму в 2 раза, на фоне благоприятного температурного режима обусловили интенсивное нарастание биомассы (табл. 1). Сумма активных температур выше 10 °С за вегетацию составила 1941 °С.

Таблица 1

Влияние комплексного использования агротехнологических приемов на урожайность и качество зелёной массы кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Оплата 1 кг НРК зелёной массой, ц	Выход сырого белка, ц/га	Выход кормовых единиц, т/га
	2020 г.	2021 г.	Ø				
Без удобрений – Фон 1	580	414	497	–	–	22,9	9,9
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15})'$ – базовый вариант	646	543	595	98	25	31,8	11,9
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	659	540	600	103	26	30,7	12,0
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	694	594	644	147	38	32,7	12,9
$N_{60}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	707	590	649	152	39	30,0	13,0
Соломистый навоз (CH) – Фон 2	675	526	601	–	–	27,6	12,0
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15})'$	722	666	694	93	35	33,8	13,9
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	731	665	698	97	36	36,5	14,0
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	793	675	734	133	45	36,3	14,7
$CH + N_{60}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	810	682	746	145	41	39,9	14,9
Сидерат редьки масличной (С) – Фон 3	632	470	551	–	–	26,9	11,0
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15})'$	691	572	632	81	21	34,7	12,6
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	705	561	633	82	21	30,5	12,7
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	748	602	675	124	32	35,3	13,5
$C + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	739	563	651	100	31	34,0	13,0
НСП _{0,5} (удобрения)	56	43	76	–	–	–	–
НСП _{0,5} (фон)	42	–	52	–	–	–	–

' подкормка посевов кукурузы в фазу 5–6 листьев; '' подкормка посевов кукурузы в фазу 8–10 листьев; PP – регуляторы роста растений: * Экосил; ** Экогум АФ; ***Экосил Плюс.

Напротив, гидротермические условия 2021 г. значительно отклонялись от нормы практически на протяжении всего вегетационного периода. Выпадение обильных осадков в мае (136 мм/месяц) на фоне несколько пониженных температур в начале роста растений угнетали развитие растений кукурузы, поскольку требо-

вательность кукурузы к влаге в начале вегетации невысокая (около 30 мм осадков/месяц). Во второй период вегетации (июль, август) количество осадков было практически на уровне среднегодового показателя, кукуруза не испытывала дефицита во влаге. Однако сумма активных температур за вегетацию составила всего 1508 °С, что обусловило снижение темпов формирования биомассы на 18 % по сравнению с предшествующим годом (табл. 1).

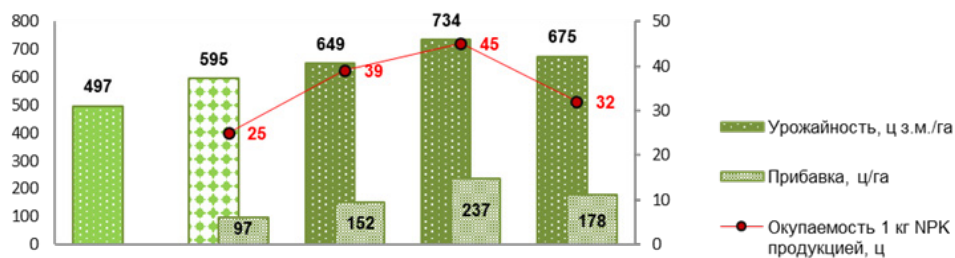
Одним из основных факторов интенсификации сельскохозяйственного сектора экономики является применение в практике растениеводства различных удобрений, за счёт которых формируется до 56 % урожая.

Установлено, что за счёт почвенного плодородия урожайность зелёной массы кукурузы в среднем за 2 года исследований составила 497 ц/га (табл. 1).

Внесение соломистого навоза обеспечило получение дополнительного урожая 104 ц/га (21 %). За счёт запашки сидерата урожайность возросла на 54 ц/га, или на 11 % по отношению к варианту без удобрений.

При комплексном применении полного минерального удобрения и однократной азотной подкормки в сочетании с микроудобрением в фазу 5–6 листьев кукурузы прибавки урожая в зависимости от фона составили 81–98 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK 21–35 ц зелёной массы. Дополнительное введение в подкормку в эту фазу регуляторов роста Экосил и Экогум АФ обусловило несущественный рост урожайности зелёной массы по опыту (1–5 ц/га) (табл. 1).

Наибольшее влияние на повышение урожайности зелёной массы кукурузы отмечено от двукратных комплексных подкормок посевов в фазы 5–6 и 8–10 листьев культуры (рис. 5). **На минеральном фоне** комплексное применение полной минеральной системы ($N_{60-90}P_{90}K_{150}$) в сочетании с двукратными азотными подкормками ($N_{30/60+30}$), микроудобрением и стимуляторами роста обусловило формирование продуктивности зелёной массы кукурузы на уровне 644–649 ц/га. При этом каждый килограмм минеральных удобрений окупался 38–39 ц/га урожая (табл. 1, рис. 5). Перераспределение доз азотных удобрений с $N_{90+30+30}$ на $N_{60+60+30}$ не оказало существенного влияния на изменение уровня урожайности культуры.



Вариант системы удобрения:

1 – контроль (без NPK);

2 – $N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15})'$ – базовый;

3 – $N_{60}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + \text{Экогум АФ} + \text{Экосил})' + (N_{30} + \text{Экосил Плюс})''$;

4 – Солоmistый навоз + $N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + \text{Экогум АФ} + \text{Экосил})' + (N_{30} + \text{Экосил Плюс})''$;

5 – Сидерат + $N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + \text{Экогум АФ} + \text{Экосил})' + (N_{30} + \text{Экосил Плюс})''$

Рис. 5. Агрономическая эффективность систем удобрения кукурузы на зелёную массу

Использование **редьки масличной в качестве зелёного удобрения** способствовало достоверному повышению урожайности зелёной массы в среднем на 17 % по отношению к неудобренному варианту. Комплексное применение на этом фоне полной минеральной системы удобрения ($N_{60-90}P_{60-90}K_{120-150}$) в сочетании с двукратными азотными подкормками ($N_{30/60+30}$), микроудобрением и стимуляторами роста обеспечило формирование продуктивности зелёной массы кукурузы на уровне 651–675 ц/га (табл. 1, рис. 5). При перераспределении доз азотных удобрений с $N_{90+30+30}$ (вариант 14) на $N_{60+60+30}$ (вариант 15) и уменьшении доз минеральных удобрений на $P_{30}K_{30}$ отмечено снижение урожайности зелёной массы кукурузы на 24 ц/га, однако различия недостоверны. При этом каждый килограмм минеральных удобрений при таких системах удобрения окупался 31–32 ц/га урожая.

Результаты проведенных исследований показали, что эффективность различных агробиологических приёмов в большей мере проявилась **на фоне внесения 60 т/га соломистого навоза**. Отмечено, что уменьшение суммарной дозы фосфорных и калийных удобрений на органическом фоне с 240 ($P_{90}K_{150}$) до 180 кг д. в./га ($P_{60}K_{120}$) (по сравнению с минеральной системой удобрения) не повлияло на снижение урожайности культуры. Наоборот, разница в минеральном питании компенсировалась питательными элементами, вносимыми с навозом, и выражалась в повышении урожайности зелёной массы в среднем по фону на 16 %. Там же, где дозы минеральных удобрений не корректировались ($P_{90}K_{150}$), наблюдалась лишь тенденция роста урожайности культуры на 13 ц/га.

При возделывании кукурузы на фоне соломистого навоза наиболее эффективным агроприёмом оказалось комплексное применение минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{60-90}K_{120-150}$) в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Цинк, Бор, стимуляторами роста Экогум АФ и Экосил – в первую подкормку в фазу 5–6 листьев и Экосил Плюс – во вторую подкормку в фазу 8–10 листьев кукурузы, за счёт чего получено 734–746 ц/га зелёной массы, при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 41–45 ц/га зелёной массы кукурузы (табл. 1, рис. 5).

Содержание белка в зелёной массе кукурузы зависело от содержания азота в растительной массе и уровня урожайности сухого вещества. В среднем за 2 года исследований содержание сырого белка по опыту варьировало в пределах 11,5–13,8 %. На минеральном фоне данный показатель изменялся в пределах 11,5–13,4 % с максимальным значением в базовом варианте. В лучших по продуктивности вариантах с применением $N_{60/90}P_{90}K_{150} + (N_{60/30} + м/у + РР^* + РР^{**})' + (N_{30} + РР^{***})''$ при урожайности зелёной массы 644–649 ц/га выход белка и кормовых единиц составил 30,0–32,7 ц/га и 12,9–13,0 т к. ед./га соответственно (табл. 1).

При использовании одного лишь навоза отмечено минимальное содержание белка в зелёной массе – 11,5 %. Применяемые системы удобрения достоверно ($НСР_{05} 0,7$) повышали данный показатель до 12,2–13,4 %. При комплексном применении макро- и микроудобрений в сочетании с двукратными азотными подкормками и стимуляторами роста на фоне внесения соломистого навоза и урожайности зелёной массы кукурузы на уровне 734–746 ц/га выход белка и кормовых единиц составили 36,3–39,9 ц/га и 14,7–14,9 т к. ед./га соответственно.

В варианте с запашкой редьки масличной содержание сырого белка составило 12,2 %. Применяемые на этом фоне системы удобрения способствовали достоверному увеличению данного показателя до 13,1–13,8 %, за исключением варианта с применением комплексной однократной подкормки (12,1 %).

При применении на сидератном фоне полной минеральной системы в сочетании с двукратными азотными подкормками, микроудобрениями и стимуляторами роста при уровне продуктивности зелёной массы кукурузы 651–675 ц/га выход белка и кормовых единиц составили 34,0–35,3 ц/га и 13,0–13,5 т к. ед./га соответственно.

При разработке агротехники возделывания кукурузы на зелёную массу важное значение имеет оценка экономической целесообразности проведения тех или иных мероприятий. Расчёты показали, что показатели экономической эффективности возделывания кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве зависели от уровня интенсификации её возделывания. За счёт применения полной системы удобрения в комплексе с азотной подкормкой (N_{60}) и микроудобрением дополнительный выход кормовых единиц составил 2,0 т/га, что обусловило убыточность данного агроприёма. При такой системе удобрения себестоимость прибавки 1 т к. ед. продукции составила 101 USD (табл. 2).

Дополнительное совместное применение однократных некорневых подкормок стимуляторами роста в сочетании с корневой подкормкой азотом (N_{60}) несущественно повышало продуктивность зелёной массы кукурузы, в связи с чем такая система удобрения также убыточна при высокой себестоимости прибавки 1 т к. ед. продукции (100 USD).

Отмечено, что введение в систему удобрения второй некорневой подкормки посевов регулятором роста Экосил Плюс в комплексе с корневой азотной подкормкой (N_{30}) обеспечило получение дополнительных 3,0 т к. ед., условной прибыли и рентабельности соответственно 3,8 USD/га и 2 % при снижении себестоимости на 21 USD за 1 т дополнительно полученной продукции.

Перераспределение доз азотных удобрений (с $N_{90-30-30}$ на $N_{60-60-30}$) способствовало улучшению питательного режима кукурузы в течение вегетации, что обусловило повышение продуктивности зелёной массы кукурузы до 13,0 т к. ед./га, рост условной прибыли (9,3 USD/га) и рентабельности (4 %) при себестоимости прибавки 1 т к. ед. продукции на уровне 77 USD.

Учитывая высокий уровень затрат фосфорных и калийных удобрений на формирование продуктивности кукурузы на зелёную массу, возделываемую на дерново-подзолистой супесчаной почве без применения органических удобрений, рекомендуется при расчёте доз фосфорных и калийных удобрений использовать коэффициент возмещения выноса 100 % до очередного тура крупномасштабного агрохимического обследования почв.

При возделывании кукурузы на фоне соломистого навоза, полученных прибавок продуктивности (4,0–4,1 т к. ед./га), а также снижение доз минеральных удобрений на $N_{60}P_{30}K_{30}$ оказались недостаточным для покрытия затрат на закупку, доставку и внесение минеральных и органических удобрений – данные агроприёмы убыточны.

Применение $N_{60+30+30}P_{60}K_{120}$ и некорневых подкормок микроудобрением и регуляторами роста обеспечило получение: 4,8 т к. ед./га прибавки, 14,6 USD/га чистого дохода, 1 % рентабельности и 77 USD себестоимости прибавки 1 к. ед. урожая.

Повышение доз фосфорных и калийных удобрений на $P_{30}K_{30}$ не оказало существенного влияния на повышение прибавки (+0,2 т к. ед./га), обусловив получение с гектара посевной площади 3,2 USD условного чистого дохода, 1 % рентабельности и себестоимости прибавки 1 т к. ед. на уровне 79 USD.

Исследования российских учёных показали, что применение органических удобрений экономически менее целесообразно по сравнению с использованием сидерата в качестве зелёного удобрения. Однако, это утверждение справедливо, когда под возделываемую культуру на фоне задискованной зелёной массы сидерата не вносят минеральные удобрения [6].

Наши расчёты согласуются с данным утверждением: при наименьших по опыту прибавках продуктивности (1,1 т/га) и затратах (54,4 USD/га) показатели условной прибыли и рентабельности самые высокие – 33,6 USD/га и 62 % соответственно. При дополнительном внесении минеральных удобрений по сидератному фону в дозах $N_{150}P_{60/90}K_{120/150}B_{0,10}Zn_{0,15}$ отдельно и в комплексе с регуляторами роста, затраты возросли в 4,4–5,0 раз. Расчёты показали, что полученных прибавок продуктивности кукурузы (2,7–2,8 т к. ед./га) оказалось недостаточным для покрытия затрат на возделывание редьки масличной. Себестоимость 1 т к. ед. прибавки продукции составила при этом 91 USD.

Эффективной системой удобрения на сидератном фоне оказалось применение комплекса двукратных азотных подкормок (N_{30+30}) и некорневых подкормок микроудобрением и стимуляторами роста, что обеспечило получение 3,6 т к. ед./га прибавки урожая, 9,9 USD/га условной прибыли, 4 % рентабельности и снижение себестоимости прибавки 1 т к. ед. на 14 USD. Уменьшение доз фосфорных и калийных удобрений на $P_{30}K_{30}$ обусловило снижение полученной дополнительной продукции (–0,5 т к. ед./га), получение 5,2 USD/га условного чистого дохода, 2 % рентабельности и себестоимости прибавки 1 т к. ед. на уровне 78 USD.

Для выявления наиболее эффективных систем удобрения кукурузы выполнен химический анализ растительных образцов, рассчитаны хозяйственный и удельный вынос элементов питания с урожаем и коэффициенты их возмещения (табл. 3).

Установлено, что различные системы удобрения оказывают значительное влияние на потребление элементов минерального питания растениями кукурузы и их вынос с урожаем зелёной массы. В зависимости от уровня урожайности хозяйственный вынос элементов питания колебался в пределах: азота – от 228 до 399 кг/га, фосфора – 80–129 кг/га, калия – 226–388 кг/га. В настоящее время для расчёта доз удобрений производству рекомендуются следующие усреднённые нормативы удельного выноса элементов питания зелёной массой кукурузы: азота – 3,3 кг/т, фосфора – 1,2 кг/т, калия – 4,2 кг/т [11]. В наших исследованиях удельный вынос элементов питания изменялся в пределах: азота – 4,6–5,6, фосфора – 1,6–1,8, калия – 3,8–5,2 кг/т (табл. 3).

При формировании наиболее высокой по опыту урожайности зелёной массы кукурузы (734–746 ц/га) в вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{120/150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$ на фоне солоमистого навоза хозяйственный вынос азота, фосфора и калия составил в среднем 381 кг/га, 128 и 367 кг/га, а удельный вынос – 5,1 кг/т, 1,7 и 5,0 кг/т соответственно.

Для расчёта доз внесения удобрений на планируемую урожайность применяют метод коэффициентов возмещения выноса. Величина коэффициентов возмещения зависит от типа и гранулометрического состава почв, запасов в них элементов минерального питания, доз применяемых удобрений, биологических особенностей культур и сложившихся погодных условий. На почвах с оптимальным содержанием фосфора и калия (200–300 мг/кг почвы) при расчёте доз минеральных удобрений предусмотрена 100 % (коэффициент 1,0) компенсация выноса этих элементов с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур

[10]. При возделывании кукурузы по минеральной технологии при экономической обоснованной продуктивности 13 т к. ед./га коэффициенты возмещения выноса фосфора и калия составили 0,8 и 0,6 соответственно, что свидетельствует о неблагоприятно складывающемся балансе элементов питания и может в дальнейшем привести к снижению почвенного плодородия.

Таблица 2

Экономическая эффективность применения технологий возделывания кукурузы на зелёную массу на дерново-подзолистой супесчаной почве (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Прибавка к контролю, т к. ед./га	Стоимость доп. продукции, USD/т	Затраты на удобрения и доработку урожая, USD/га	Условная прибыль / убыток, USD/га	Рентабельность, %	Себестоимость, USD/т
Вспашка (20–22 см)						
Без удобрений (контроль) – Фон 1	–					
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15})'$	2,0	160,0	201,9	–41,9	–	101
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	2,1	168,0	210,7	–42,7	–	100
$N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	3,0	240,0	236,2	3,8	2	79
$N_{60}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	3,1	248,0	238,7	9,3	4	77
Вспашка (20–22 см)						
Соломистый навоз (CH) – Фон 2	2,1	168,0	178,5	–10,5	–	85
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15})'$	4,0	320,0	324,7	–4,7	–	81
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	4,1	328,0	349,0	–21,0	–	85
$CH + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	4,8	384,0	369,4	14,6	4	77
$CH + N_{60}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	5,0	400,0	396,8	3,2	1	79
Дискование (10–12 см)						
Сидерат (С) – Фон 3	1,1	88,0	54,4	33,6	62	50
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15})'$	2,7	216,0	246,3	–30,3	–	91
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})'$	2,8	224,0	255,1	–31,1	–	91
$C + N_{90}P_{90}K_{150} + (N_{30}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	3,6	288,0	278,1	9,9	4	77
$C + N_{60}P_{60}K_{120} + (N_{60}B_{0,10}Zn_{0,15} + PP^* + PP^{**})' + (N_{30} + PP^{***})''$	3,1	248,0	242,8	5,2	2	78

' подкормка посевов кукурузы в фазу 5–6 листьев; '' подкормка посевов кукурузы в фазу 8–10 листьев; регуляторы роста растений – PP: * Экосил; ** Экогум Аф; *** Экосил Плюс.

Таблица 3

Влияние комплексного использования агротехнологических приемов на вынос и коэффициент возмещения основных элементов питания зелёной массой кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2 года

Вариант	Урожай- ность, ц/га	Вынос с урожаем, кг/га			Удельный вынос, кг/т			Коэффициент возмещения		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений – Фон 1	497	228	80	226	4,6	1,6	4,5	–	–	–
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15})'	595	318	102	280	5,3	1,7	4,7	0,5	0,9	0,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + БАВ**)	600	308	104	272	5,1	1,7	4,5	0,5	0,9	0,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ +PP***)"	644	326	104	305	5,1	1,6	4,7	0,5	0,9	0,5
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ +PP***)"	649	299	107	275	4,6	1,7	4,2	0,5	0,8	0,6
Соломистый навоз (СН) – Фон 2	601	276	95	301	4,6	1,6	5,0	0,3	0,9	0,6
СН + N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15})'	694	337	116	317	4,9	1,7	4,6	0,5	0,9	1,0
СН + N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)'	698	365	117	304	5,2	1,7	4,3	0,5	0,9	1,1
СН + N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ + PP***)"	734	362	126	346	4,9	1,7	4,7	0,5	0,9	0,9
СН + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ + PP***)"	746	399	129	388	5,3	1,7	5,2	0,5	1,3	0,9
Сидерат (С) – Фон 3	551	268	98	211	4,9	1,8	3,8	0,3	0,3	0,5
С + N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15})'	632	346	108	320	5,5	1,7	5,1	0,6	1,1	0,8
С + N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)'	633	305	103	271	4,8	1,6	4,3	0,7	1,2	1,1
С + N ₉₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + (N ₃₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ + PP***)"	675	381	121	327	5,6	1,8	4,8	0,6	1,0	0,8
С + N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + (N ₆₀ B _{0,10} Zn _{0,15} + PP* + PP**)' + (N ₃₀ + PP***)"	651	339	110	276	5,2	1,7	4,2	0,7	0,8	1,2

' подкормка посевов кукурузы в фазу 5–6 листьев;

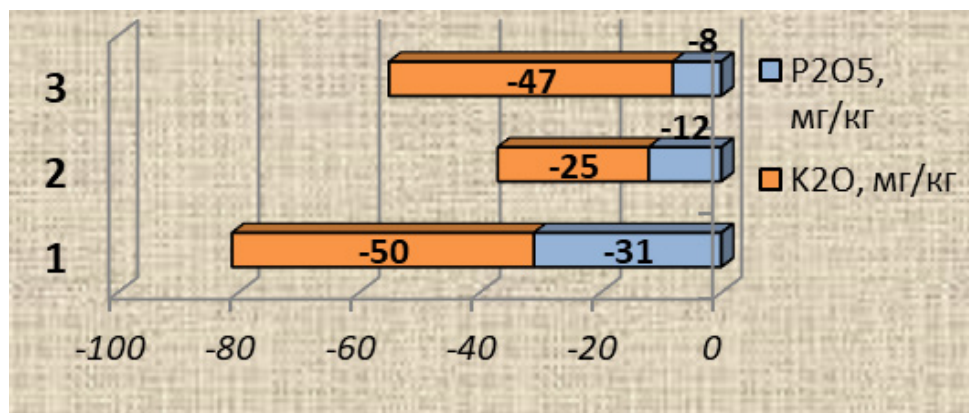
" подкормка посевов кукурузы в фазу 8–10 листьев;

регуляторы роста растений – PP: * Экосил; ** Экогум АФ; ***Экосил Плюс.

При органоминеральной системе удобрения при максимальной по опыту продуктивности кукурузы 14,7 т к. ед./га коэффициенты возмещения выноса элементов питания наиболее приближены к рекомендуемым и составили 0,9 по фосфору и калию.

Высокая доступность элементов питания из быстроминерализующейся биомассы сидерата и минеральных удобрений при продуктивности культуры 13,5 т к. ед./га обусловила высокие коэффициенты возмещения выноса фосфора (1,0) и калия (0,8). Для оценки эффективности агробиотехнологических приемов при возделывании кукурузы важное значение имеет влияние различных систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы, в частности динамики содержания подвижных соединений фосфора и калия.

Перед закладкой опыта содержание подвижного фосфора в соответствии с градацией, характеризовалось как повышенное (184 мг/кг почвы). В результате агрохимического анализа почвенных образцов, отобранных поделочно осенью, перед закладкой опыта и после уборки культуры, установлено, что к уборке урожая на минеральном фоне в варианте без внесения минеральных удобрений потери содержания подвижных фосфатов составили 31 мг/кг почвы (рис. 6).



Вариант системы удобрения:

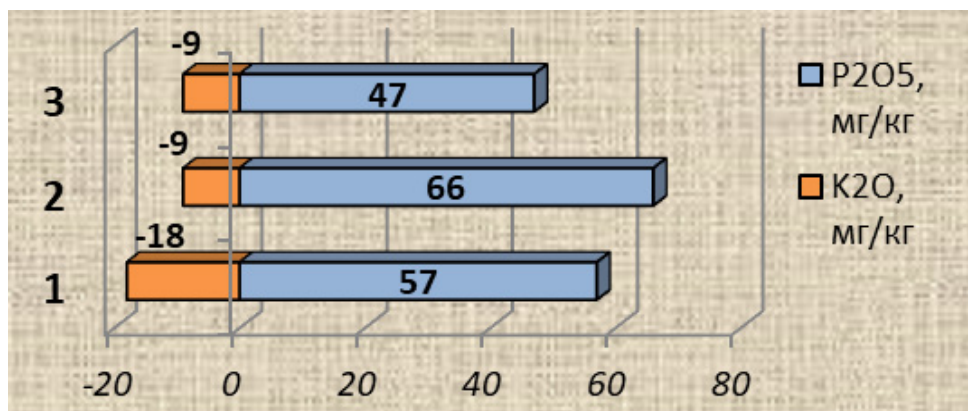
1 – контроль (без NPK)

2 – N₉₀P₉₀K₁₅₀ + (N₃₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)''

3 – N₆₀P₉₀K₁₅₀ + (N₆₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)''

Рис. 6. Динамика содержания подвижных фосфатов и калия в дерново-подзолистой супесчаной почве при минеральной системе удобрения кукурузы на зеленую массу

Применение минеральных систем удобрения способствовало сдерживанию темпов потерь фосфатов до 8–12 мг/кг/ почвы в год. При этом фоновое внесение навоза и применение сидерата способствовало повышению количества подвижных фосфатов на 57 и 21 мг/кг почвы соответственно. Содержание в почве подвижных форм фосфора в вариантах с органоминеральной и биологизированной системами удобрения (при внесении минеральных удобрений) увеличилось на 47–66 и 48–58 мг/кг почвы соответственно (рис. 7, 8).



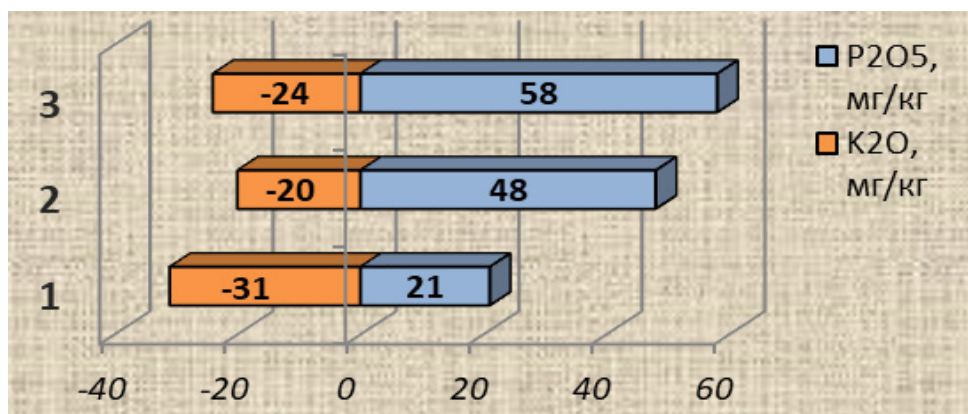
Вариант системы удобрения:

1 – Соломистый навоз (СН)

2 – СН + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + (N₃₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)"

3 – СН + N₆₀P₉₀K₁₅₀ + (N₃₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)"

Рис. 7. Динамика содержания подвижных фосфатов и калия в дерново-подзолистой супесчаной почве при органоминеральной системе удобрения кукурузы на зелёную массу



Вариант системы удобрения:

1 – Сидерат (С)

2 – С + N₉₀P₉₀K₁₅₀ + (N₃₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)"

3 – С + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + (N₆₀B_{0,10}Zn_{0,15} + Экогум АФ + Экосил)' + (N₃₀+ Экосил Плюс)"

Рис. 8. Динамика содержания подвижных фосфатов и калия в дерново-подзолистой супесчаной почве при биологизированной системе удобрения кукурузы на зелёную массу

Результаты исследований показали, что перед закладкой опыта содержание подвижных соединений калия было повышенное и составляло в среднем 221 мг/кг почвы. За время вегетации кукурузы на всех исследуемых фонах произошло снижение содержания подвижного калия с максимальными значениями потерь на минеральном фоне – 25–50 мг/кг почвы (рис. 6). На органическом и сидератном фонах потери элемента менее значительные – 9–18 и 20–31 мг/кг почвы (рис. 7, 8). Следует отметить, что на всех изучаемых фонах применение минеральных удобрений несколько сдерживало наблюдаемые тенденции.

Анализ данных динамики содержания подвижного фосфора при возделывании кукурузы показал определённое противоречие – при повышении доз фосфорных удобрений на P_{30} в органоминеральной и биологизированной системах удобрения динамика содержания подвижных фосфатов изменялась в сторону их снижения на 10–19 мг/кг почвы (рис. 7, 8). Данное наблюдение требует дальнейшего изучения применяемых систем удобрения в звене севооборота.

ВЫВОДЫ

При возделывании кукурузы на зелёную массу на дерново-подзолистой супесчаной почвы без использования органических удобрений наиболее эффективной системой удобрения является применение $N_{60+60+30}P_{90}K_{150}$ в комплексе с некорневой обработкой посевов микроудобрением $B_{0,10}Zn_{0,15}$ и стимуляторами роста Экогум АФ и Экосил (в фазу 5–6 листьев кукурузы) и Экосил Плюс (в фазу 8–10 листьев). Применение данного агроприёма обусловило получение 649 ц/га зелёной массы (13,0 т/га к. ед.), выход белка 30,0 ц/га, 9,3 USD/га условной прибыли, 4 % рентабельность при себестоимости 1 т к. ед. прибавки 77 USD и окупаемости 1 кг минеральных удобрений 39 ц зелёной массы. Коэффициенты возмещения выноса фосфора составили 0,8 и калия – 0,6.

Для более рационального использования достигнутого плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы рекомендуется комплексное применение минеральных и органических удобрений. Наиболее эффективной системой применения минеральных удобрений на фоне заправки навоза КРС под кукурузу на зелёную массу явилось внесение $N_{60+30+30}P_{60}K_{120}$ в комплексе с некорневой обработкой посевов микроудобрением $B_{0,10}Zn_{0,15}$ и стимуляторами роста Экогум АФ, Экосил (в фазу 5–6 листьев кукурузы) и Экосил Плюс (в фазу 8–10 листьев). При применении данного агроприёма урожайность зелёной массы кукурузы достигла 734 ц/га (14,7 т к. ед./га) при себестоимости 1 т к. ед. прибавки 77 USD, 36,3 ц/га выхода белка, условной прибыли 14,6 USD/га, рентабельности 4 % и окупаемости 1 кг NPK 45 ц зелёной массы. Коэффициенты возмещения выноса фосфора и калия приближены к рекомендуемым на таких почвах и составляют 0,9.

На полях, отдалённых от ферм, куда транспортировка органических удобрений затруднена, альтернативой заправке солоमистого навоза может явиться минеральная биологизированная система удобрения, где в качестве сидерата используется измельчённая биомасса редьки масличной, заделанная осенью в почву дисками на глубину 10–12 см. Для получения урожая зелёной массы кукурузы до 675 ц/га (13,5 т к. ед./га) с выходом белка на уровне 35,3 ц/га рекомендуется по фону заправки сидерата внесение $N_{90+30+30}P_{90}K_{150}$ в комплексе с некорневой обработкой посевов микроудобрением $B_{0,10}Zn_{0,15}$ и стимуляторами роста Экосил, Экогум АФ (в фазу 5–6 листьев кукурузы) и Экосил Плюс (в фазу 8–10 листьев).

При применении данного агроприёма условная прибыль составила 9,9 USD/га, рентабельность – 4 % при себестоимости 1 т к. ед. прибавки 77 USD, окупаемости 1 кг NPK 32 ц зелёной массы и коэффициентах возмещения выноса фосфора 1,0 и калия 0,8.

Применение органоминеральной и минеральной биологизированной систем удобрения обеспечивает поддержание достигнутого уровня содержания подвижных фосфатов и сдерживание темпов потерь подвижных соединений калия почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Беларуси. Статистический сборник [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika>. – Дата доступа: 03.01.2022.
2. Комплекс мероприятий по повышению плодородия и защите от деградации почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа, Н. Н. Цыбулько; Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 148 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
4. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
5. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; В. В. Лапа [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
6. Коновалова Л. К. Сравнительная оценка экономической эффективности использования органических удобрений и сидератов / Л. К. Коновалова, В. В. Окорков, И. Ю. Винокуров // Владимирский Земледелец. – 2019. – № 3(89). – С. 43–47.
7. Ненайденко Г. Н. Органические удобрения в современном земледелии: учебное пособие / Г. Н. Ненайденко, Л. И. Ильин. – Иваново: ПресСто, 2015. – 118 с.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24с.
9. Влияние погоды при выращивании кукурузы [Электронный ресурс] // Агроном с Полтавы. – Режим доступа: <https://www.agronom.co.ua/vliyanie-pogody-privyrashhivani-kukuruzy/>. – Дата доступа: 14.10.2020.
10. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
11. Лапа, В. В. Плодородие почв – основа устойчивого развития аграрной отрасли Республики Беларусь / В. В. Лапа. – Земледелие и защита растений. – Приложение к журналу № 2(117). – 2018. – С. 3–9.

EFFICIENCY OF AGROBIOTECHNOLOGICAL PRACTICES OF CULTIVATION OF CUP FOR GREEN GROWTH ON SODDY-PODZOLIC LOAMY-SANDY SOILS

E. G. Mezentseva, O. G. Kulesh, A. A. Gracheva, O. V. Simankov, S. M. Zenkova

Summary

The most agronomic and economic effective use of $N_{60+30+30}P_{60}K_{120}B_{0,10}Zn_{0,15}$ in combination with foliar dressing of plants growth stimulators twice on the background of 60 tons/ha of cattle manure was for maize growing for green material it was found In a field technological experiment on sod-podzolic loamy sand soil. Such a system of fertilization with savings of 90 kg/ha of mineral fertilizers, provides 14,7 t e., collecting protein 36,3 kg/ha, the conditional profit – 14,6 USD/ha and 4 % of profitability. Each kilogram of mineral fertilizers provides compensation of 45 centners of green mass of maize, the cost of the increase of 1 ton of nutritional unit amounts to 77 USD/ha. This fertilization system maintains the achieved level of mobile phosphate content and restrains the rate of loss of mobile potassium compounds of the soil.

Поступила 10.03.2022

УДК 631.821:631.445.2:633.15

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-129-138](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-129-138)

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА ВЫНОС И БАЛАНС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

Л. Н. Иовик

*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
г. Брест, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые почвы в структуре сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь составляют 34,2 % [1]. Ввиду особенностей генезиса естественное плодородие их невысоко. Такие почвы имеют кислую реакцию среды, низкую емкость поглощения (5–15 мг-экв/100 г почвы) и степень насыщенности основаниями, бедны органическим веществом и подвижными соединениями питательных веществ. Сельскохозяйственное использование с целью получения высоких устойчивых урожаев предполагает систематическое планомерное окультуривание земель, включающее известкование, внесение органических и минеральных удобрений, правильные севообороты и др.

Длительная эксплуатация почв недопустима без достаточного возврата элементов питания и устранения подкисления в результате выноса кальция и других основных веществ, и их миграции с инфильтрационными водами [2]. Для предот-