

Кивер В.Ф., Оноприенко Д.М.

ЭКОНОМИЯ ВОДНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В АГРОТЕХНОЛОГИИ КУКУРУЗЫ НА ПОЛИВНЫХ ЗЕМЛЯХ УКРАИНЫ

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Изменения, происходящие за последние десятилетия в ценах на основные виды энергоносителей (газ, нефть, горюче-смазочные материалы, электроэнергию), превращают проблему эффективного использования энергии в одну из ведущих областей научных исследований [1].

В орошаемой земледелии кукуруза относится к наиболее энергоемким культурам. В технологии производства зерна этой культуры, наряду с использованием солнечной энергии, потребляется значительное количество энергоносителей в виде семян, минеральных удобрений, средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, машин, топлива и т.д. [2].

Для оценки энергетической эффективности технологии и отдельных ее составляющих нужны оценки на этапе их разработки с тем, чтобы производству предлагались наиболее энерго- и ресурсоэкономные их варианты.

Одновременно нужны единые интегральные биоэнергетические оценки разрабатываемых приемов, причем не в денежном измерении (гривны, доллары, евро, рубли и др.), а в едином энергетическом эквиваленте. Этому требованию отвечают разработанные нами ранее рекомендации [2].

Не вдаваясь в их подробности, отметим лишь, что для оценки биоэнергетической эффективности технологии используют такие показатели:

- затраты совокупной энергии на 1 га;
- выход с 1 га продукции в натуральном исчислении, валовой и обменной энергии;

- энергоемкость производства единицы потребительской стоимости, энергетический коэффициент, коэффициент энергетической эффективности производства зерна;
- приращение валовой энергии на 1 га.

Количество энергии исчисляется в джоулях (Дж). Единицы энергии: Дж = 0,239 кал., Мега/Джоуль – (МДж) = Дж · 10⁶, Гига/Джоуль = Дж · 10⁹, Тера/Джоуль = Дж · 10¹².

Основные энергетические эквиваленты затрат энергии на топливо и другие ресурсы составляют: дизельное топливо – 52,8 МДж/кг; бензин – 545 МДж/кг; уголь – 32,7 МДж/кг; природный газ – 49,5 МДж/кг; электроэнергия – 12 МДж/кВт – ч. Кукурузное зерно на 1 кг сухого вещества: валовой энергии – 18,6 МДж; обменной энергии – 14 МДж.

На наш взгляд, для увеличения производства зерна кукурузы на поливе большое внимание должно уделяться правильному подбору гибридов. Гибриды кукурузы, отличающиеся повышенной холодостойкостью в начальные фазы роста и развития перспективны не только для зон северного кукурузосеяния, но и для условий орошаемого земледелия на юге и в степной зоне Украины.

Использование в производственных условиях высокопродуктивных гибридов, которые характеризуются высоким генетическим потенциалом и адаптивностью к выращиванию в разных почвенно-климатических зонах, является важным фактором стабильного производства зерна в Украине. Поэтому для них необходимо создавать соответствующий режим выращивания с помощью агротехнических мероприятий [3].

Реакция на орошение также является одним из важных требований к гибридам кукурузы. В условиях глобального потепления климата, сопровождающегося увеличением эффективных температур в период вегетации, одновременно сопровождается повышением транспирации растений и физического испарения влаги почвой.

Ресурсы влаги в зоне выращивания кукурузы определяются, в основном, годовым количеством атмосферных осадков. В Степи Украины, особенно в

последние годы, в период вегетации часто бывают разной продолжительности периоды без дождей, в том числе раз в два года продолжительностью свыше 40 дней.

Суммарное водопотребление гибридов кукурузы в южной Степи в разные по погодным условиям годы изменяется от 3700 до 6200 м³/га. При глубоком залегании грунтовых вод, в зависимости от условий естественного увлажнения кукурузу поливают от 2 до 6 раз (оросительная норма при этом варьирует от 1400 до 4200 м³/га).

Все гибриды кукурузы неодинаково реагируют на орошение. Выращивая кукурузу по интенсивной технологии, приходится учитывать не только абсолютную урожайность гибридов, но и расход оросительной воды на формирование 1 тонны зерна, так как подача ее и равномерное распределение по полю – один из энергоемких процессов технологии выращивания этой культуры [4].

Наиболее высокие урожаи зерна получают, когда в период максимального водопотребления влажность почвы в активном горизонте поддерживается не ниже 70 % НВ на легких и средних, а 80 % – на тяжелых по механическому составу почвах. Однако уровень влажности почвы перед поливом еще не может быть критерием эффективности орошения того или иного гибрида. Более полное представление дает расход оросительной воды на единицу урожая. Было бы целесообразно в числе критериев районирования гибридов на орошаемых землях ввести коэффициент эффективности орошения (КЭО), определяющий расход оросительной воды на единицу прибавки урожая от орошения [5]. Его можно определить по формуле:

$$КЭО = M_o / (Y_o - Y_δ), \quad (1)$$

где M_o – оросительная норма, м³/га;

Y_o и $Y_δ$ – урожайность, соответственно, при орошении и без него, ц/га.

При этом стоимость 1 м³ оросительной воды ежегодно имеет тенденцию к повышению из-за непрерывного удорожания электрической энергии, используемой для подачи воды. В последние годы стоимость 1 м³ воды для

нужд орошения увеличилась с 5–7 до 25–95 копеек. Нетрудно подсчитать стоимость только воды за сезон: 4–4,5 тыс. м³/га. Она достигнет от 1 тыс. до 4,2 тыс. грн/га. Вот почему оценка гибридов кукурузы по окупаемости дополнительным урожаем каждого кубического метра поливной воды представляется весьма своевременной и актуальной.

При производстве зерна кукурузы на орошаемых землях для сушки зерна кукурузы энергии требуется больше, чем для сушки зерна других культур [6]. Поэтому первой мерой, предпринимаемой для уменьшения энергоемкости производства зерна, является выращивание гибридов, зерно которых высыхает в поле до влажности, близкой к кондиционной (13 %).

Как показывает практика, урожайность является важным, но не единственным критерием оценки гибридов, создаваемых селекционными учреждениями.

Было бы неправильным представлять, что увеличение и стабилизация производства зерна кукурузы на орошаемых землях Украины будет и в дальнейшем базироваться только на последовательном увеличении применения удобрений, средств защиты растений, механизации и других техногенных факторов.

Как показывают результаты научных исследований, опубликованных в научных изданиях по проблемам экономии энергоресурсов, в системе агротехнологии формирования урожаев зерновой кукурузы, процессы интенсификации охватывают не только отдельные технологические циклы или всю технологическую цепочку, но и касаются таких аспектов, как использование биоклиматических ресурсов природно-климатической зоны путем оптимизации структуры посевов и подбора энергосберегающих гибридов, послеуборочная доработка зерна и др.

Главной точкой отсчета интенсификационного производства зерна кукурузы на поливе являются не количественные факторы интенсификации, а качественные, т.е. повышение окупаемости вкладываемых средств и труда.

Энергосберегающая технология производства зерна кукурузы на орошаемых землях по сравнению с интенсивной (энергорасточительной), характеризуется целым рядом отличительных особенностей.

Во-первых. Для полного использования благоприятных для кукурузы биоклиматических ресурсов южных областей, а в связи с глобальным потеплением климата центральных и северных областей Украины, в структуре зерновой группы на орошаемых землях кукуруза, как самая высокоурожайная культура, должна занимать не менее 50–75 % посевной площади. В специализированных хозяйствах по производству ее зерна предпочтение надо отдавать севооборотам с короткой ротацией. Перспективные 4–7-польные севообороты с 3–4-мя полями кукурузы на зерно. Возделывание ее в бессменных посевах необходимо пока ограничивать 3–4-мя годами. Создание гибридов, иммунных к пыльной и пузырчатой головне, разработка надежных средств химической защиты от болезней, вредителей и сорняков позволяет в будущем увеличить срок бессменности.

Во-вторых. Районированные гибриды на орошаемых землях южных и центральных областей не позволяют в полной мере использовать богатые естественные ресурсы зоны и технические средства интенсификации. Среди них значительный удельный вес занимают среднепоздние и позднеспелые гибриды.

Агробиологическая и энергетическая характеристика одновременно созревающих гибридов свидетельствует о значительных резервах экономии энергоресурсов, особенно в случае послеуборочной сушки зерна (табл. 1).

Только за счет правильного подбора гибридов можно уменьшить энергоемкость технологии примерно на 10–15 тыс. Мдж/га обменной энергии, что эквивалентно урожаю зерна не менее 8–12 ц/га.

В-третьих. В системе основной, предпосевной и междурядной обработки почвы есть возможность снизить интенсивность механических рыхлений. На черноземах обыкновенных вместо глубокой вспашки плугами с предплужниками на глубину 25–27 см целесообразно применять чизелевание

на такую же глубину. Это дает возможность экономить на одном гектаре 7–8 литров дизельного топлива и надежно защищать почву от водной (ирригационной) эрозии.

Таблица 1

Агробиологическая и энергетическая характеристика разновременнo созревающих гибридов кукурузы на поливе

Группа спелости гибрида	Сумма эффективных температур до созревания, С°	ФАО	Потенциальная урожайность зерна 14% влажности, т/га	Влажность зерна при уборке, %	Стоимость газа на сушку зерна с 1 га, грн*	Гибриды - стандарты
Раннеспелые	900-1000	150-199	11,0	14-17	200-275	Днепроvский 181СВ
Среднеранние	1100	200-299	12,0	14-17	300-360	Хмельницкий
Среднеспелые	1150	300-399	13,0	20-22	790-1040	Моника 350МВ
Среднепоздние	1200	400-499	14,0	22-30	1120-2240	Быстрица 400МВ
Позднеспелые	1250-1300	500-599	15,0	30-35	2400-3750	-

*Стоимость природного газа принята в ценах 2011 года

В орошаемых севооборотах после кукурузы, под которую была проведена вспашка, на протяжении 2–3 лет эффективнее возделывать кормовые культуры сплошного сева (озимая рожь на зеленый корм, люцерна и др.) по мелкой (10–12 см) обработке почвы. Это позволяет экономить от 60 до 80 литров горючего на 1 га севооборотной площади.

На каштановых почвах положительные результаты в системе основной обработки почвы обеспечивает чередование обычной вспашки на глубину 20–22 см, с глубокой (28–30 см). При высокой засоренности орошаемых полей, несмотря на применение эффективных гербицидов, плоскорезная обработка, как глубокая, так и мелкая, себя не оправдывают.

В системе предпосевной обработки почвы использование энергонасыщенных колесных тракторов ведет к чрезмерному переуплотнению

не только пахотного, но и более глубоких слоев почвы, что в несколько раз снижает ее водопроницаемость; и в конечном итоге по следам ходовых систем этих тракторов снижается урожайность зерна на 0,6–0,7 т/га. Следовательно, на предпосевной обработке почвы колесные тракторы надо заменять гусеничными.

При благоприятных почвенных режимах посевного слоя и по выровненной с осени зяби весной первую культивацию следует заменять двумя боронованиями, что позволяет экономить не менее 4 л/га жидкого топлива. На тяжелых заплывающих почвах вместо предпосевной культивации на 10–12 см эффективным является чизелевание на глубину 18–20 см с прикатыванием.

Полное исключение междурядных обработок орошаемой кукурузы приводит к отрицательным результатам, хотя возможности минимализации рыхления междурядий все же имеются. Наиболее эффективным приемом ухода за междурядьями является нарезка поливных борозд на 16–18 или 18–20 см в фазе 8–10 листьев, что дает возможность междурядные обработки в другие сроки не проводить.

В конечном итоге есть реальные возможности в системе основной, предпосевной и междурядной обработки почвы снизить расход жидкого топлива на 10–12 л/га.

В-четвёртых. Энергосберегающая технология возделывания кукурузы на зерно в поукосных и пожнивных посевах базируется на замене обычной и глубокой вспашки мелкой обработкой на 10–12 или 14–16 см, поверхностной обработкой до 8 см, а также прямым севом поживной кукурузы непосредственно в стерню. Использование семян высокопродуктивных раннеспелых и среднеранних гибридов, оптимальной густоты растений (70–80 тыс./га), поддержание рационального водного режима и принципа высокой окупаемости вносимых минеральных удобрений позволяют дополнительно получать 6–8 т/га спелого зерна.

В-пятых. Внесение с поливной водой макро- и микроудобрений, мелиорантов уменьшает до минимума или позволяет полностью исключить

проходы по полю энергонасыщенных тракторов с прицепами, опрыскивателями, разбрасывателями удобрений и другими техническими средствами, деформирующими почву [7].

В агротехнологии полевых культур, в том числе и кукурузы широко распространен поверхностный способ внесения минеральных удобрений. Это обусловлено его преимуществами, среди которых следует отметить высокую производительность, простоту обслуживания средств механизации, возможность применения туков повышенной влажности, широкий диапазон дозирования удобрений.

Но у данного способа есть и недостатки. Большая часть удобрений не вносится, а разбрасывается по поверхности поля, причем весьма неравномерно. В соответствии с агротехническими требованиями, для машин с центробежным высевающим аппаратом допустимая неравномерность распределения туков по поверхности составляет $\pm 25\%$. Однако практика показывает, что отклонения достигают 50–75 % и более [13].

В штате Айова (США) в результате неравномерного внесения минеральных удобрений урожайность зерна кукурузы варьировала от 52,1 до 106,8 ц/га при средней величине 75,5 ц/га. По результатам исследований, сделан вывод, что за счет равномерного оптимального обеспечения растений элементами питания урожайность зерна кукурузы можно повысить в среднем на 28 ц/га [10].

Естественно, что неравномерное разбрасывание, особенно большого количества туков приводит к нерациональному их использованию, серьезным, а иногда и долговременным последствиям не только для растений, но и для почвы (нитратное загрязнение), которое зачастую трудно устранить [11].

Нельзя не отметить, что при поверхностном внесении или же неглубокой заделке часть удобрений остается вне зоны деятельности корневой системы кукурузы. Да и в целом традиционная технология внесения удобрений ориентирована скорее на удобрение почвы, чем растений, поскольку потребности кукурузного растения не совпадают со сроками их внесения [8].

Теоретические принципы фертигации научно-исследовательскими учреждениями страны разрабатывались с учетом накопленных знаний о минеральном питании, о количестве питательных веществ потребляемых растениями в течение вегетационного периода, о взаимодействии между почвенным раствором и поглощением ионов почвой и растениями, о взаимосвязи между эффективностью минеральных удобрений и сроками проведения удобрительных поливов с учетом биологических потребностей растений [14].

Сроки и нормы подачи питательных веществ при удобрительном орошении зависят от биологических потребностей кукурузы, заданного уровня ее урожайности.

Основой удобрительного орошения являются вегетационные поливы, срок проведения первого из них совпадает с критическим периодом отношения кукурузного растения к влаге. Критический период по отношению к влаге у кукурузы совпадает и с максимальным потреблением элементов минерального питания [9].

Для фертигации разработаны дозирующие устройства (гидроподкормщики), обеспечивающие внесение удобрений в поток поливной воды. Удобрительное орошение необходимо проводить на выровненных полях без значительных уклонов (не более $0,05^\circ$). На склоновых землях или при сильном ветре возможны значительные отклонения в распределении удобрений по площади участка. Для фертигации выбирают поля с глубиной залегания грунтовых вод не менее 1 м на суглинистых, и 1,5 м – песчаных почвах. Это необходимо для предупреждения смыкания поливных вод с подпочвенными и загрязнения окружающей среды [7].

Опыты и практика показали, что для фертигации предпочтительнее утренние, вечерние и ночные часы, поскольку при высокой интенсивности солнечной инсоляции и повышенных температурах в дневное время растения могут получить ожоги.

Наши исследования показали высокую эффективность фертигации при выращивании программированных урожаев зерна кукурузы [8]. Расчетные дозы минеральных удобрений на среднесуглинистых черноземах для получения урожая зерна 100 ц/га в годы исследований варьировали по годам: в 1986 г. – N₁₆₈P₉₀K₂₈, в 1987 г. – N₁₉₂P₇₀K₂₇, и в 1988 г. – N₁₃₆P₃₅. Урожайность зерна достигала максимума, когда азотные удобрения вносили равными частями после посева, в фазе 10–12 листьев и в период выметывания метелок (табл. 2).

Таблица 2

Эффективность способов и сроков внесения удобрений с поливной водой (гибрид кукурузы Днепровский 758) (1986 – 1988 гг.) [8]

Способы и сроки внесения удобрений	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Получено зерна на 1 кг д. в. удобрений, кг
НРК под культивацию поверхностно, контроль	96,4	-	3,89
НРК с поливной водой после посева	99,5	3,1	4,01
Р и К после посева, полная норма, N – в фазу 10 – 12 листьев	100,0	4,4	4,0
То же, но N ½ нормы в фазу 10 – 12 листьев и при выбрасывании метелок	104,0	7,6	4,19

Наши исследования на Генической опытной станции показали, что совокупные затраты энергии при внесении удобрений под поукосную кукурузу традиционным способом составляли 511 МДж, а с поливной водой – 49 МДж. Денежные затраты в ценах на тот период были равны 1,53 руб. и 0,43 руб. на 1 га соответственно [5].

По нашему мнению, при формировании программированных урожаев зерна кукурузы превышающих 100 ц/га определяющим критерием и биоэнергетической целесообразности относительно технологии внесения минеральных удобрений должна быть окупаемость прибавкой урожая каждого килограмма туков.

Принципы ресурсосбережения в наиболее полной мере удовлетворяются при программировании урожаев зерна кукурузы в диапазоне 8,0–10,0 т/га. Повышение доз удобрений для урожаев 11,0–13,0 ц/га обеспечивали получение таких же показателей, но более дорогой ценой, при снижении окупаемости удобрений.

При фертигации резко снижаются отрицательные последствия, связанные с уплотнением и деформацией почвы, поскольку отпадает необходимость в применении механических средств для их поверхностного разбрасывания и заделки. Сокращение механических обработок почвы предохраняет ее структуру от разрушения. Внесение удобрений с поливной водой высвобождает тракторы и сельхозмашины для выполнения других работ, уменьшая потребность в тракторных разбрасывателях удобрений при экономии дизельного топлива 4–5 кг/га.

Высокая экономическая эффективность достигается и при использовании для фертигации жидких комплексных удобрений (ЖКУ) и безводного аммиака. В исследованиях Генической опытной станции под влиянием фертигации с использованием ЖКУ возрастала биологическая активность почвы, увеличивалась урожайность зерна, улучшалась окупаемость 1 кг д.в. удобрений, повышался коэффициент энергетической эффективности [5].

Многолетние исследования проведенные в Институте сельского хозяйства степной зоны НААН Украины при фертигации с использованием микроэлементов цинка, марганца, молибдена показали их положительное влияние на образование хлорофилла и активность нитратредуктазы. При внесении микроэлементов с поливной водой дождевальными машинами появляется возможность точной дозировки микроудобрений, обеспечивается высокая равномерность их распределения [15]. Этими исследованиями установлено положительное влияние биологически активных норм микроэлементов – комплексность металлов на урожайность зерна кукурузы на обыкновенном малогумусном среднесуглинистом на лесе черноземе. Использование комплексантов цинка, марганца и железа для предпосевной

обработки семян и для внесения с поливной водой на фоне применения минеральных (азотно-фосфорных) удобрений в дозах, рассчитанных на получение программированных урожаев зерна кукурузы 8,0–10 т/га, обеспечивало улучшение фотосинтетической деятельности растений, повышало содержание хлорофилла в листьях и активность нитратредуктазы. Урожайность зерна кукурузы возрастала на 6,6–10,1 ц/га [15].

Внесение химических мелиорантов с поливной водой (гипса, фосфогипса, железного купороса, серной кислоты и др.) способствовало увеличению, по сравнению с контролем, содержания кальция в почвенно-поглощающем комплексе на 2,1–4,7 %, водопропрочных агрегатов в почве на 1,6–19,7 %, водопроницаемости в 1,4–1,7 раза, общего количества микроорганизмов в 1,5–2 раза при одновременном снижении содержания обменного натрия на 1,5–3 %, объемной массы почвы с 1,40–1,41 до 1,25–1,28 г/см³ [16].

Внесение удобрений с поливной водой в большей степени, чем при традиционной технологии, отвечает биологическим особенностям кукурузы и сопровождается увеличением урожайности зерна на 5–10 %. Как показали исследования, которые были проведены в Институте сельского хозяйства степной зоны НААН Украины, лучшей была схема внесения азотных туков, при которой полную норму азота вносили с поливной водой дробно равными дозами после посева, в фазе 10–12 листьев, выбрасывания метелок и начала молочной спелости зерна. Это обеспечило прирост урожая на 11,2–12,3 % [8].

На протяжении 1999 – 2001 гг. в учебно-опытном хозяйстве „Самарский” Днепропетровского государственного аграрного университета с целью изучения эффективности внесения азотных удобрений с поливной водой по сравнению с традиционным поверхностным способом и определения оптимальных параметров фертигации нами были разработаны разные технологические схемы внесения азотных добри:

1 – под культивацию зяби вразброс полной нормой (контроль);

2 – дробно: 40 % нормы вразброс под культивацию, а с поливной водой дозами по 20 % в фазы 10–12 листьев, выбрасывания метелок и начала молочной спелости зерна;

3 – дробно: 40 % вразброс под культивацию, а с поливной водой дозами по 40 % в фазы 10–12 листьев, и 20 % в фазу выбрасывания метелок;

4 – полная норма азота с поливной водой дробно дозами по 20 % в фазы 10–12 листьев, выбрасывания метелок и начала молочной спелости зерна, а в фазу цветения метелок – 40 %;

5 – полная норма азота с поливной водой дробно дозами 40 % в период после посева до фазы 10–12 листьев, 40 % в фазе выбрасывания метелок и 20 % в фазе молочной спелости зерна.

Результаты учета урожая показали, что использование азотных удобрений совместно с поливной водой повышает урожайность зерна кукурузы, по сравнению с традиционной поверхностной схемой (табл. 3). С повышением дозы минеральных удобрений повышалась и урожайность зерна кукурузы в среднем на 2,72–4,36 т/га, относительно варианта без удобрений [9].

Было установлено, что при выращивании запрограммированных урожаев кукурузы на зерно фертигация является экономически выгодной, чем традиционная технология внесения минеральных удобрений, прежде всего, за счет увеличения урожайности. При фертигации возрастают материальные, денежные и прямые затраты труда на 1 га посевов кукурузы на 3–4 %, а продуктивность труда повышается почти на 10 %.

Биоэнергетическая оценка внесения минеральных удобрений показала, что затраты совокупной энергии на 1 га посевов с повышением дозы минеральных удобрений возрастали. При выращивании кукурузы без удобрений затраты совокупной энергии были меньшими, чем при нормах минеральных удобрений, рассчитанных на 8,0 т/га, на 15,7 ГДж, а на урожай 10,0 т/га – на 32,5 ГДж. Это обуславливается высоким энергетическим эквивалентом минеральных удобрений.

Таблица 3

**Урожайность гибрида кукурузы Пионер 3978 в зависимости от дозы
и способа внесения азотных минеральных удобрений, т/га [9]**

Уровень запрограммированного урожая	Схема внесения азотных удобрений	Год			В среднем	± к контролю	
		1999	2000	2001		т/га	%
	Без удобрений	5,16	5,96	5,48	5,53	-	-
8,0 т/га	1 (контроль)	7,86	7,75	8,01	7,87	-	-
	3	8,14	8,46	8,54	8,38	0,51	6,6
	5	8,28	8,65	8,58	8,51	0,63	8,1
	В среднем	8,09	8,28	8,37	8,25	-	-
10,0 т/га	1 (контроль)	9,28	9,34	9,46	9,36	-	-
	3	9,87	10,20	10,06	10,04	0,62	6,7
	5	10,14	10,32	10,42	10,29	0,93	10,0
	В среднем	9,76	9,95	9,98	9,89	-	-
НСР _{0,5} т/га для схем		0,03	0,47	0,21			
НСР _{0,5} т/га для доз		0,24	0,32	0,13			

Способы внесения азотных удобрений мало изменяли величину затрат, поскольку затраты на внесения удобрений и дополнительные затраты на уборку и транспортировку дополнительно полученного урожая являются незначительными в общих энергозатратах. Энергоёмкость производства 1 т зерна с повышением нормы минеральных удобрений немного повышалась (табл. 4).

При внесении азотных удобрений с поливной водой затраты совокупной энергии на 1 т зерна уменьшались на 0,38–0,59 ГДж, а биоэнергетический коэффициент возрастал. Величина дополнительно полученной энергии с одного гектара составила 15,8–36,8 ГДж.

Отметим, что при фертигации экономиться до 0,5–0,6 кг/га горючего, а расход его на 1 т урожая зерна кукурузы снижается на 8,5 %, по сравнению с традиционным поверхностным способом внесения минеральных удобрений.

Наряду с фертигацией положительный эффект в агротехнологии кукурузы на поливе имеет и гербигация, то есть внесение гербицидов с поливной водой.

Таблица 4

Биоэнергетическая эффективность технологических схем внесения минеральных удобрений на запрограммированный урожай зерна кукурузы

Уровень запрограммированного урожая зерна кукурузы	Схема внесения азотных удобрений	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Энергоемкость производства 1ц зерна, ГДж	Прирост валовой энергии на 1 га, ГДж
8,0 т/га	Без удобрений	28,9	0,52	166
	1(контроль)	44,7	0,58	226
	2	44,5	0,53	243
	3	44,6	0,53	245
10,0 т/га	1(контроль)	61,2	0,59	268
	2	61,5	0,55	296
	3	61,6	0,54	300

Известно, что интенсификация производства кукурузы на поливе требует повышенных доз минеральных удобрений, использования дорогостоящих гербицидов, мелиорантов, широкого применения энергонасыщенной техники. Вместе с тем, совершенно очевидно, что при оптимизации условий питания и водопотребления усиливается интенсивность роста и развития не только кукурузы, но и сорняков. К сожалению, технология применения гербицидов на орошаемых землях ничем не отличается от таковой в условиях неполивного земледелия. А между тем упрощение борьбы с сорняками может привести к повышению потенциальной засоренности посевов, снижению урожайности.

При возделывании кукурузы в орошаемых севооборотах для борьбы с сорной растительностью в весенний период используют высокоэффективные гербициды почвенного действия. Однако они отличаются высокой летучестью и требуют немедленной заделки при тщательном и равномерном перемешивании с посевным слоем почвы. Для выполнения этой операции широко используют тяжелые дисковые бороны, луцильники, культиваторы, агрегатированные с тяжелыми тракторами. Энергонасыщенные тракторы широко применяют и при внесении минеральных удобрений, проведении предпосевной обработки почвы, выполнения комплекса весенних полевых работ в сжатые агротехнические сроки при высокой влажности почвы,

ухудшении ее агрофизических показателей и снижением продуктивности посевов кукурузы.

Наши исследования показали, что отрицательное воздействие ходовых систем мощных тракторов на влажную почву распространяется на глубину 70–80 см и наблюдается в течение 2–3 лет. При многократном проходе по одному и тому же месту (особенно на разворотных полосах) под действием ходовых систем мощных колесных тракторов водопроницаемость почвы в начале вегетации снижалась в 90–100 раз, а в конце ее в 2–3 раза, по сравнению с уплотненным контролем.

По данным наших полевых опытов, при двукратном прохождении по одному и тому же следу снижение урожая зерна кукурузы составляло 4,0–7,7 ц/га по сравнению с контролем (без уплотняющего воздействия). В условиях степной зоны Украины, кроме этого, при использовании дисковых орудий возрастает опасность иссушения посевного слоя почвы, увеличивается летучесть и токсичность гербицидных препаратов. При внесении их в переувлажненную почву образуются крупные комья и глыбы, гербициды плохо перемешиваются с посевным слоем почвы, что в конечном итоге снижает их эффективность.

Ряд недостатков характерен и для существующих опрыскивателей: малая их емкость, низкая производительность, зависимость от погодных условий, отрицательное влияние на обслуживающий персонал. Известно также, что на орошаемых землях в весенний период почва медленнее и позднее созревает, при длительном орошении ухудшается её структурно-агрегатный состав, усиленно прорастают сорняки. Орошение с помощью дождевальных установок и штанговых тракторных опрыскивателей во многом сходны по устройству и в принципе гербициды с поливной водой можно вносить как теми, так и другими агрегатами. Оба они имеют трубопроводы с выпускными отверстиями по их длине, у них используется практически один и тот же принцип гидравлического потока и снабжения водой. К тому же равномерность распределения воды и

гербицидов по площади у дождевальных установок несколько не хуже, чем у обычных тракторных опрыскивателей.

В наших исследованиях по изучению гербигации при выращивании кукурузы проводилась оценка перемешивания гербицидов с посевным слоем почвы. Наряду с трудоёмким и дорогостоящим методом хроматографии в опытах применяли более простой, дешёвый и доступный способ биологических тестеров. Наличие гербицидов, внесённых с поливной водой, устанавливали с помощью растений, которые очень чувствительны к наличию гербицидов. В почвенные образцы высевали семена проса и огурца. Наличие гербицидов в слоях почвы устанавливали по количеству проросших семян проса и длине проростков. Через три недели после внесения гербицида с поливной водой установлено снижение всхожести семян проса в слое 0–5 см на 19,3 %, а длины проростков – на 38,7 % по сравнению с контролем.

Отмечено, что непосредственно после гербигации препарат концентрировался преимущественно в верхнем слое почвы (0–10 см), то есть там, где находится основная масса семян сорняков. До проведения вегетационных поливов гербициды слабо перемещались вглубь почвы, поэтому в течение 1,5–2 месяцев они эффективно подавляли сорную растительность. После первого полива или выпадения обильных осадков гербициды проникали в почву до глубины 60–90 см, что снижало их токсичность в верхних слоях [5].

Сравнительная оценка различных способов внесения гербицидов показала преимущество гербигации по сравнению с традиционной технологией их применения (табл. 5).

Дозированное внесение гербицидов одновременно с дождеванием не только повышало их эффективность, но и ускоряло появление всходов, улучшало условия роста и развития растений в начальный период вегетации, повышало урожайность зерна различных гибридов кукурузы.

Производственная проверка эффективности гербигации, проведённая в Херсонской и Днепропетровской областях, а также в Молдове, на общей площади 10 тыс. га показала, что прибавки урожая от новой технологии

применения гербицидов в агротехнологии поливной кукурузы варьировали от 5 до 12 ц/га, в 4–5 раз сокращались затраты труда, на 5– 9кг/га снижался расход горючего, загрязнённость воздуха уменьшалась в 10 раз, число работников, контактирующих с гербицидами – в 6 раз.

Таблица 5

Урожайность кукурузы в зависимости от способов внесения гербицидов (данные за 1984 – 1987 гг.), т/га

Продукция	Без гербицидов (контроль)	Традиционная технология	Гербигация
Силосная масса	74,0	88,0	100,0
Зерно	8,74	10,04	10,63

Агрономические, агроэкономические и экономические преимущества гербигации позволяют её применять в качестве неотъемлемого элемента в агротехнологии кукурузы на поливных землях.

В-шестых. Важнейшим элементом технологии выращивания кукурузы на орошаемых землях является режим орошения, под которым понимают правильное и обоснованное распределение во времени количества, норм и сроков поливов культуры, обеспечивающие оптимальный водный режим почвы в течение вегетационного периода. Одним из важнейших резервов экономии воды является совершенствование режима орошения. Проведенными исследованиями [12] установлено, что решать проблему экономного использования оросительной воды можно различными методами, основными из которых являются: дифференциация нижнего предела предполивной влажности и глубины увлажнения почвы по периодам роста и развития растений с учетом биологических особенностей кукурузы; сокращение поливной нормы на прогнозируемую величину осадков в межполивной период; мобилизация биологических ресурсов растений; регулирование фитоклимата растений.

В таблице 6 представлены материалы исследований В.А. Писаренко, Д.Р. Йокича, Е.Я. Григоренко с позднеспелыми гибридами кукурузы в южной Степи Украины. Вегетационный период был поделен на три части. Первая: появление

всходов–образование 15-го листка до критического периода; вторая: 15-й листок–формирование зерна (критический период); третья: формирование зерна–молочная спелость зерна. Расчетная глубина увлажнения соответственно составляла 0,5; 0,7; 0,7 м.

Таблица 6

Влияние дифференцированного режима орошения на продуктивность кукурузы (среднее за 1973–1984 гг.) [12]

Предполивная влажность почвы, % НВ	Количество поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Урожайность зерна, ц/га	Окупаемость поливной воды, кг/м ³
Без орошения	-	-	42,9	-
80–80–80	5,2	2170	91,6	2,2
70–80–70	3,7	1930	89,7	2,4
60–80–60	2,6	1470	89,4	3,2

В среднем за 12 лет применение переменной влажности почвы по схеме 60–80–60 % НВ обеспечило, по сравнению с постоянной предполивной влажностью почвы 80 % НВ в течение вегетации сокращение количества поливов на 2,6 и оросительной нормы на 700 м³/га, или на 32 %, без снижения урожая зерна. При этом окупаемость поливной воды была на 1 кг больше, чем при оптимальном орошении [12].

В-седьмых. На завершающем этапе технологического цикла производства зерна кукурузы – уборке, хранении и использовании урожая – также имеются резервы снижения энергоёмкости. Например, двухфазная уборка зерновой кукурузы экономит не менее 6 л/га жидкого топлива, при консервировании каждой тонны влажного зерна сохраняется 30–40 литров топлива, а совершенствование конструкции кукурузных дробилок уменьшает их удельную энергоёмкость и металлоёмкость в 1,5–2,0 раза.

Выводы

1. Современные агротехнологии производства зерна кукурузы на орошаемых землях степной зоны Украины характеризуется высокой энергоемкостью из-за использования высоких доз удобрений, дорогостоящих средств химизации, огромных масс оросительной воды, энергонасыщенных посевных и уборочных средств механизации.
2. Непрерывно повышающиеся цены на основные виды энергоносителей (газ, нефть, электроэнергия и др.) превращают проблему эффективного использования энергии в агротехнологии зерновой кукурузы в одну из ведущих областей научных исследований.
3. Имеющийся научный потенциал, современные методологические подходы к поэтапной оценке всего технологического цикла формирования урожая зерна кукурузы и практический опыт свидетельствуют о значительных резервах снижения энергоемкости этой культуры. Оптимизация гибридного состава, в первую очередь увеличения удельного веса в структуре посевов раннеспелых и среднеранних гибридов до 37–40%, минимализация обработки почвы, внесения с поливной водой средств химизации, применения водосберегающих режимов орошения, использования энергоэкономных посевных, поливных, уборочных и транспортных средств механизации позволяют снизить энергозатраты на производство кукурузного зерна на поливе минимум на 35–40 %, превратить интенсивную энергорасточительную технологию выращивания в энергосберегающую.

Литература

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: *М.В. Зубець (голова) та ін.* – К.: Аграрна наука, 2010. – 986 с.
2. *Кивер В.Ф.* Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологии возделывания кукурузы / *В.Ф. Кивер, С.С. Бакай, В.С. Рыбка* – Москва, 1988. – 50 с.

3. *Пащенко Ю.М.* Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: [Моногр.] / *Ю.М. Пащенко, В.М. Борисов, О.Ю. Шишкіна.* Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. – 224 с.
4. *Ківер В.Х.* Зниження витрат енергоресурсів при вирощуванні запрограмованих урожаїв кукурудзи за інтенсивною технологією в умовах зрошення / *В.Х. Ківер, В.М. Куниця* // Вісник аграрної науки. – 1993. – № 9. – С. 14 – 20.
5. *Ківер В.Ф.* Энергосберегающая технология возделывания кукурузы на орошаемых землях / *В.Ф. Ківер.* – К.: Урожай, 1988. – 120 с.
6. *Науменко А.И.* Методические рекомендации по обработке, сушке и хранению семян родительских форм гибридов кукурузы при промышленном семеноводстве / *А.И. Науменко, Н.Я. Кирпа, К.В. Куприянов.* – Москва, 1990. – 70 с.
7. Комплексное применение средств химизации с поливной водой при дождевании (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1988. – 58 с.
8. *Куниця В.М.* Потребление основных элементов питания при выращивании запрограммированных урожаев кукурузы в условиях орошения Степи Украины / *В.М. Куниця, В.Т. Пашова* // Использование удобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. – Днепропетровск, 1990. – С. 69 - 75.
9. *Ківер В.Х.* Вплив фертигації і гербігації на кормові якості зерна кукурудзи / *В.Х. Ківер, В.Д. Сахаров, Д.М. Онопрієнко, М.Я. Телятников* // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2001. № 15 – 16. – С. 98 – 102.
10. *Сахаров В.Д.* Химигация в культуре кукурузы: итоги науки и техники / *В.Д. Сахаров;* ВИНТИ // Растениеводство. – 1991. – Т.8. – 156 с.
11. *Ківер В.Х.* Вплив фертигації на продуктивність рослин і якість зерна кукурудзи / *В.Х. Ківер, Д.М. Онопрієнко* // Вісник аграрної науки. - 2010. - №8. – С. 56 – 59.
12. *Писаренко В.А.* Режимы орошения сельскохозяйственных культур / *В.А. Писаренко, Е.М. Горбатенко, Д.Р. Йокич.* – К.: Урожай, 1988. – 96 с.

13. *Вырлев И.* Оценка неравномерности распределения азотных удобрений и её влияние на урожай / *И. Вырлев* // Международный с.-х. журнал, 1986, №4. – С. 38 – 42.
14. *Кивер В.Ф.* Агроэкономическая и биоэнергетическая эффективность заданных урожаев кукурузы при использовании энергосберегающих технологий её возделывания на орошаемых землях Украины / *В.Ф. Кивер, В.Д. Сахаров, В.Д. Егоров* // Вестник сельскохозяйственной науки, 1985, №12. – С. 31 – 37.
15. *Квятковский А.Ф.* Влияние микроэлементов на активность нитратредуктазы и содержание хлорофилла в листьях кукурузы при орошении / *А.Ф. Квятковский* // Физиология и биохимия культурных растений, 1988, №1. – С. 39 – 42.
16. *Сафонова Е.П.* Повышение плодородия почв юга Украины при внесении химических мелиорантов с поливной водой / *Е.П. Сафонова, Б.И. Лактионов* // Тезисы докладов 7-го съезда Всесоюзного общества почвоведов. – Ташкент, 9-13 сентября 1985 г., часть 5. Ташкент, 1985. – С. 35.