DOI 10.33952/2542-0720-2021-2-26-155-164
УДК 631.45:631.559:633.15:631.51

Мнатсаканян А. А.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко»

Реферат. *Способ обработки почвы – один из факторов, влияющих на урожайность. Цель исследований – определить влияние систем основной обработки почвы на изменение почвенного плодородия, урожайность и качество зерна кукурузы в почвенно-климатических условиях центральной зоны Краснодарского края. Исследования проводили в НЦЗ им. П. П. Лукьяненко в 2018–2020 гг. на черноземе выщелоченном с применением стандартных методик. Исследовали традиционную систему обработки почвы (вспашка на глубину до 25 см), мульчирующую минимальную обработку с разуплотнением, чизелевание на глубину до 32 см под пропашные культуры, мульчирующую минимальную обработку, исключая глубокие обработки почвы, дискование почвы на глубину до 10 см в 2–3 следа. Вспашка на глубину 25 см улучшает объемную массу почвы в слое 0–30 см, тогда как при чизелевании на глубину до 32 см и дисковании в 2–3 следа на глубину до 10 см происходит уплотнение почвы. При традиционной обработке ниже количество агрономически ценных агрегатов (61,1 %) и их водопрочность (59,4 %) в сравнении с разуплотняющей и минимальной технологиями. Запасы продуктивной влаги имели наибольшие показатели на традиционной и разуплотняющей обработках и составили 140,6 и 141,5 мм соответственно, что на 14,7 % выше минимальной мульчирующей. Изучаемые системы не влияли на показатель «масса 1000 зерен», но сказались на выходе зерна с одного початка (124,3 г) и количестве образовавшихся початков на одном растении (1,04 шт.). Показатели урожайности кукурузы составили 56,9 ц/га при традиционной и 55,9 ц/га при разуплотняющей технологиях, на минимальной обработке они были ниже на 4,8 %. При традиционной обработке содержание протеина в зерне составило 11,4 %, что выше, чем на минимальной. По показателям сырой золы и сухого вещества существенных отличий не выявлено.*

Ключевые слова: *система основной обработки почвы, агрофизические свойства, агрохимические свойства, Zea mays (кукуруза), урожайность, качество зерна.*

Для цитирования: *Мнатсаканян А. А. Изменение почвенного плодородия и урожайности кукурузы в зависимости от систем основной обработки // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 155–167. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-155-167.*

For citation: *Mnatsakanyan A. A. Soil fertility and corn yield changes depending on the tillage system // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2 (26). P. 155–167. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-155-167.*

Введение

Ведущая роль кукурузы в земледелии Краснодарского края определяется высокой урожайностью зерна и многогранностью его использования в пищевой промышленности, животноводстве, медицине, как источника пополнения биоэнергетики и в других отраслях экономики [1].

Кукуруза улучшает состав предшественников для зерновых колосовых культур, при высокой агротехнике повышает культуру земледелия, не приводит к существенному снижению органических веществ в почве [2].

Для решения проблемы повышения урожайности зерна кукурузы, сохранения

и повышения почвенного плодородия необходимо разработать энерго- и ресурсосберегающие технологии ее возделывания. На современном этапе развития растениеводства в нашей стране и во всем мире в целом увеличивается значимость научно-обоснованного ведения сельскохозяйственного производства и рационального использования имеющихся ресурсов [3]. Необходимо искать пути сохранения и повышения естественного плодородия почвы за счет основной ее обработки под возделываемую культуру. В последние годы широкое применение получила мульчирующая минимальная обработка почвы с использованием машин нового поколения, обеспечивающая уменьшение затрат энергоресурсов и труда [4].

Под минимализацией обработок почвы подразумевают следующее: безотвальная обработка почвы вместо вспашки с оборотом пласта, сохранение мульчи или стерни с последующим рыхлением, ограничение глубины безотвального рыхления до 20 см или поверхностное рыхление до 10 см. При разработке и внедрении новых технологий возделывания кукурузы на зерно важным является уменьшение материальных и биоэнергетических затрат [4].

Сохранение почвенного плодородия и получение экологически чистой продукции является основной задачей при минимализации технологии возделывании сельскохозяйственных культур. Наиболее действенным и самым доступным средством снижения этих затрат несомненно является правильно разработанные системы обработок почвы, где до 40 % приходится на энергетические и до 25 % – на трудовые затраты при основной обработке [5].

Минимализация обработок почв предусматривает соблюдение высокого уровня культуры земледелия, технологических мероприятий в оптимальные сроки и на высоком уровне, в том числе внесение агрохимикатов и средств защиты растений. При минимальных технологиях необходимо соблюдение чистоты полей, особенно от корневищных и корнеотпрысковых сорняков [6].

Дискуссии между сторонниками традиционных и минимальных приёмов обработки почв не прекращаются.

В почвенно-климатических условиях Краснодарского края, по данным В. С. Полоус, высокая урожайность зерна кукурузы получена в варианте со вспашкой до 25 см и рыхлением на глубину до 14 см, тогда как при поверхностной обработке почвы (глубина 6–8 см) отмечено снижение урожайности на 0,7 т/га [7]. В исследованиях В. Н. Самыкина, проведенных в Белгородской области, высокая продуктивность кукурузы (8 т/га) получена при вспашке 25–27 см [8]. Проведенные опыты с кукурузой в условиях Краснодарского края показали, что подготовка почвы дисковой бороной «Wil-Rich» при глубине от 10 до 12 см по эффективности уступала зяблевой вспашке с оборотом пласта, а также чизельной и дискаторной обработкам. Более мощная корневая система формировалась при обработке почвы на глубину 15–17 см [9].

На черноземах при безотвальной вспашке кукуруза формирует разветвленную корневую систему в верхнем слое почвы, которая в большей степени страдает от засухи. При традиционной системе обработки почвы она располагается более глубоко, поэтому в условиях засушливого климата целесообразно проводить вспашку с оборотом пласта [6].

Сорнпун В., Джаясурия Х. изучали пять систем обработок почвы (три вида традиционной, глубинная обработка и минимальная). В ходе этих исследований выявлено, что глубинная обработка почвы является более эффективным методом обработки, так как идет улучшение физических свойств почвы и увеличивается урожайность зерна кукурузы при своевременном внесении средств защиты растений и удобрений [10]. В работе Аль-Каиси М. М. (Айова) и других его коллег показано, что урожайность кукурузы во многом зависит от почвенно-климатических условий

произрастания. Тем не менее, во всех изучаемых районах экономические потери были выше при минимальной обработке, где недобор урожая варьировал от 11 до 28 % в сравнении с традиционной [11]. Эффективность глубоких обработок подтверждена и в работах других авторов [12, 13].

По утверждению Л. О. Великановой при возделывании кукурузы на зерно в низинно-западинных агроландшафтах на переуплотненных почвах минимализация обработки почвы неэффективна [1].

Существуют альтернативные мнения относительно вопроса обработки почвы под кукурузу. При возделывании кукурузы на зерно в условиях Центрально-Черноземного региона вспашку на глубину 25–27 см возможно заменить безотвальной обработкой почвы, считает А. М. Хлопяников [14].

Исследования Т. Русу, посвященные различным системам обработки почвы, показали, что минимальная и нулевая обработки являются хорошей альтернативой традиционной благодаря высокому энерго- и ресурсосбережению. Таким образом, снижение энергозатрат при возделывании кукурузы составило: по минимальной технологии 97–98 %, по нулевой – 91 %, по сое – 98 % (минимальная) и 93% (нулевая), по пшенице – 97–98% (минимальная) и 92 % (нулевая) в сравнении с традиционной технологией. Для всех изучаемых культур нулевая технология показала лучшую энергоэффективность, по кукурузе она составила 10,4 МДж/га. Минимальная и нулевая обработки почвы также повысили содержание органических веществ от 2,0 % до 7,6 % на глубине 0–30 см в сравнении с традиционной обработкой. Стоит отметить незначительное уплотнение почвы на минимальной и нулевой технологии на 0,01–0,03 % [15]. Аналогичные исследования проводили в Западной Сербии М. Бибердзик, П. И. Морари и С. А. Тормен в ходе которых подтвердились эти данные [16–18].

Для определения эффективности систем обработок почвы при возделывании кукурузы на зерно необходимо длительное и глубокое изучение их в системе севооборота с определением влияния на плодородие почвы и урожайность культуры.

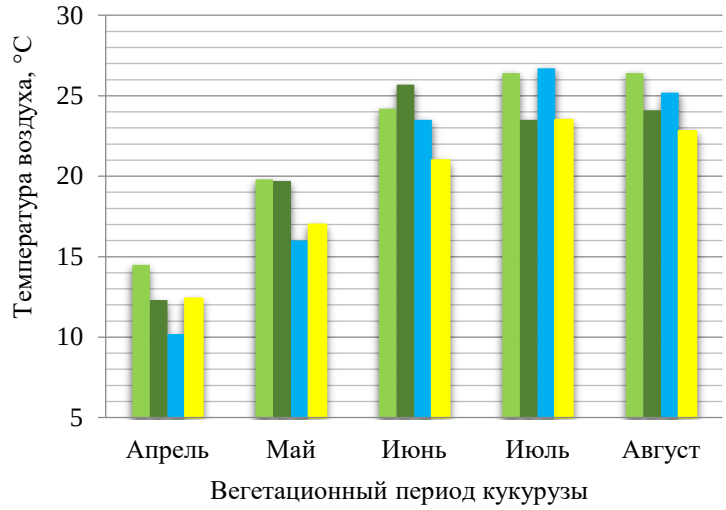
Цель исследований – определить влияние систем основной обработки почвы на изменение почвенного плодородия, урожайность и качество зерна кукурузы в почвенно-климатических условиях центральной зоны Краснодарского края.

Материалы и методы исследования

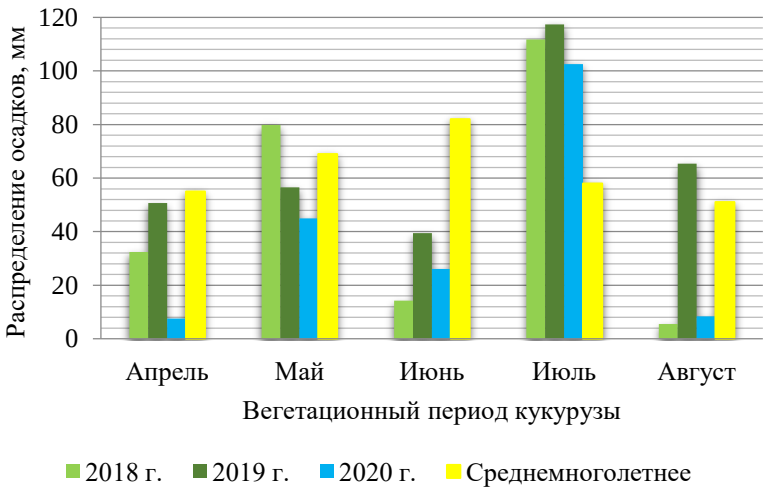
Исследования проводили в ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» на базе агротехнологического отдела лаборатории земледелия. В статье рассмотрена часть исследований в период с 2018 по 2020 гг. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным малогумусным сверхмощным, тяжелосуглинистым по механическому составу. Агрохимические показатели в слое 0–30 см следующие: содержание общего азота 0,22–0,30 % (ГОСТ 26488-85), валового фосфора – 0,17–0,22% (по Мачигину), валового калия – 1,7–2,1% (по Мачигину).

Климат центральной зоны умеренно-континентальный, умеренно-засушливый, с коэффициентом увлажнения 0,30–0,40. Согласно средним многолетним данным в год выпадает от 600 до 700 мм осадков, при этом распределение их по месяцам неравномерное. На рисунке 1 представлено изменение температурного режима и распределение осадков в течение вегетации кукурузы.

Апрель 2018 г. был теплым и сухим, май – теплым и влажным. В июне стояла жаркая и сухая погода. Июль жаркий, осадки носили ливневый характер. Очень жарким и сухим был август: температура воздуха на 3,6 °С превышала среднемноголетние показатели, осадков выпало всего 10,8 % от нормы.



А



Б

Рисунок 1 – Температура воздуха и распределение осадков в течение вегетации кукурузы на зерно

Показатели апреля 2019 г. были близки к среднемноголетним. В мае температура воздуха быстро нарастала и превышала среднемноголетнюю, осадки были неравномерно распределены в течение месяца и их выпало меньше нормы на 12,4 мм. Июнь – жаркий, температура воздуха превышала норму на 4,7 °С, а дефицит осадков составил 39,4 % от среднемесячной нормы. В июле температура была близка к среднемноголетним данным, а осадков выпало выше нормы в два раза. В августе температура воздуха превышала среднемноголетние показатели на 1,3°С, а осадков выпало больше на 28 %.

Апрель 2020 г. – прохладный, осадков выпало 7,6 мм при норме 55,0 мм. Май – прохладный, недобор осадков составил 35 %. В июне показатели температура воздуха превышали среднемноголетние на 2,5 °С, недобор осадков составил 68 %. Июль – теплый, выпало 102,6 мм осадков, что на 44,6 мм выше нормы. В августе преобладала высокая температура воздуха (на 2,4 °С выше нормы), осадки практически отсутствовали (8,4 мм при норме 51 мм).

Предшественником в наших исследованиях являлась озимая пшеница, после уборки которой почву подготавливали по трем системам основной обработки.

Схема опыта:

1. Традиционная. Традиционная система основной обработки почвы предусматривает вспашку на глубину до 25 см.

2. Разуплотняющая. Система мульчирующей минимальной обработки почвы с разуплотнением, чизелевание на глубину до 32 см под пропашные культуры.

3. Минимальная. Система мульчирующей минимальной обработки, исключает глубокие обработки почвы, дискование почвы на глубину до 10 см в 2–3 следа.

Системы основной обработки почвы изучали в шестипольном севообороте площадью 10,2 га, площадь одного поля – 1,3 га, площадь элементарного участка по способу обработки почвы – 0,43 га.

Весной под предпосевную культивацию внесли аммиачную селитру в дозе N_{50}. Сроки сева – III декада апреля. Высевался среднеранний, засухоустойчивый гибрид кукурузы Краснодарский 291 АМВ (оригинатор ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»). Норма высева 50 тыс. растений на гектар, междурядье 70 см. Посевы кукурузы от засоренности защищали гербицидом «Касиус» – 30 г/га (фаза образования 6–8 листьев). Уборка проходила в I декаде сентября, учет урожая производили путем взвешивания зерна и приведения его к стандартной влажности и 100 %-й чистоте.

В первой декаде июля месяца проводили отбор почвенных образцов и их подготовку для определения агрофизических показателей согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 патроном объёмом 200 $см^3$ в пятикратной повторности на глубину 0,3 м. Водопрочность определяли по методике Андрианова–Качинского [19]. Агрегатный состав определяли методом сухого фракционирования образцов по методу Н. И. Савинова [20]. Общую пористость определяли расчётным путём [19].

Структуру урожая определяли перед уборкой. Учитывали количество початков на одном растении, массу зерна с одного початка, массу 1000 зерен [21].

Определение качества зерна (сырой протеин – ГОСТ 13496.4–93, сырая зола – ГОСТ 26226–95, сухое вещество – ГОСТ Р 52838–2007) проводили в лаборатории земледелия и ФГБУ Центр агрохимической службы «Краснодарский».

Статистическая обработка – дисперсионный анализ по Доспехову Б. А. [22].

Результаты и их обсуждение

При изучении различных систем основной обработки почвы важным показателем являются её агрофизические свойства, определяющие уровень плодородия почвы. В таблице 1 представлено изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного в зависимости от изучаемых систем обработок почвы при возделывании кукурузы на зерно.

Таблица 1 – Агрофизические свойства почвы в 0–30 см слое в зависимости от системы основной обработки почвы (2018–2020 гг.)

Система основной обработки почвы	Плотность, г/$см^3$	Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25–10,00 мм), %	Коэффициент структурности, Кс	Водопрочность, %	Общая пористость, %
Традиционная	1,26	61,1	3,2	59,4	50
Минимальная мульчирующая с разуплотнением	1,29	65,7	3,1	65,2	51
Минимальная мульчирующая	1,33	69,7	3,1	62,3	51
$НСР_{05}$	0,02	2,8	–	2,3	–

Технология возделывания существенно влияет на изменение оптимальной плотности почвы. В проведенных исследованиях допустимая плотность была при традиционной технологии обработки почвы, тогда как увеличение данного показателя отмечено при минимальных обработках почвы: плотность при традиционной обработке почвы ниже на 0,03 г/см^3 и на 0,07 г/см^3 в сравнении с разуплотняющей и минимальной мульчирующей обработках.

При этом почва при традиционной обработке существенно уступает минимальным обработкам по количеству агрономически ценных агрегатов. Так, наибольшее их количество содержится на минимальной мульчирующей обработке из-за меньшего механического воздействия на почву, а именно обработке на меньшую глубину и составило – 69,7 %. На этих же обработках были выше показатели водопрочности, наибольшее значение которой отмечено на разуплотняющей обработке – 65,2 %. Отметим, что согласно полученным средним данным, за три года водопрочность почвенных агрегатов выше 55 % на всех изучаемых технологиях, что определяет почву как хорошо оструктуренную.

Коэффициент структурности и общая пористость по изучаемым системам основной обработки почвы равны и являются оптимальными для многих культур, в том числе и для кукурузы.

Система основной обработки почвы играет важную роль в регулировании водного режима, за счет структуры, которая формируется в результате технологических мероприятий и способствует лучшему накоплению и сохранению влаги. Таким образом, запасы продуктивной влаги необходимо учитывать с целью обоснования системы основной обработки почвы (рисунок 2).

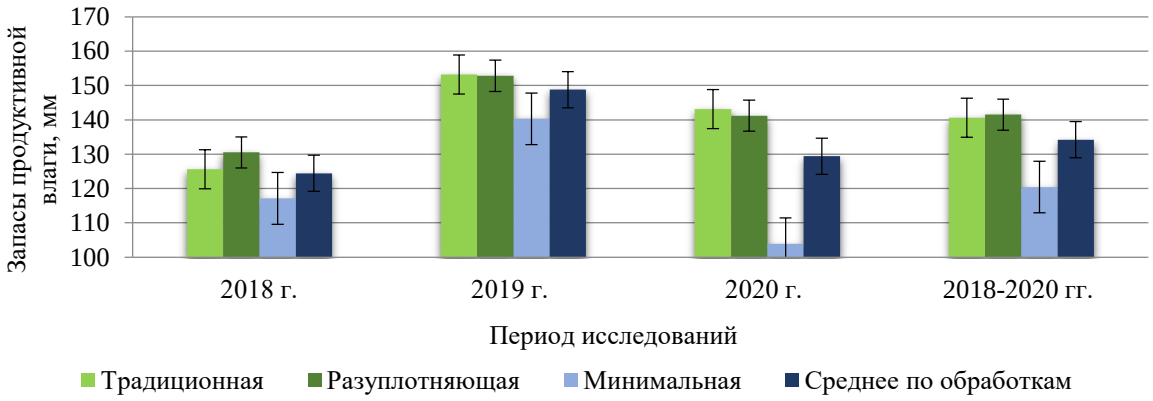


Рисунок 2 – Запасы продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы перед посевом кукурузы на зерно в зависимости от системы основной обработки почвы, мм

Примечание. *$НСР_{05}$ 2018 г. – 4,3 мм; 2019 г. – 4,6 мм; 2020 г. – 4,0 мм; 2018–2020 гг.– 4,8 мм.*

В 2018 г. наибольшее количество продуктивной влаги накоплено в почве по разуплотняющей технологии и составило 130,5 мм, что достоверно превышает традиционную технологию и минимальную мульчирующую на 3,8 и 10,3 % соответственно. В условиях 2019 г. по разуплотняющей и традиционной системам обработки почвы данный показатель не имел существенных отличий, но достоверно превышал запасы продуктивной влаги по минимальной мульчирующей технологии в среднем на 8,3 %. Данная закономерность прослеживается и в условиях 2020 г., где на разуплотняющей и традиционной системах запасы продуктивной влаги составили 141,5 и 140,6 мм, достоверно превысив показатель по минимальной мульчирующей технологии в среднем на 14,6 %.

В период с 2018 по 2020 г. выявили, что системы основной обработки почвы, такие как традиционная и разуплотняющая, более благоприятно влияют на накопление продуктивной влаги, ее запасы составили 140,6 и 141,5 мм соответственно, тогда как на минимальной мульчирующей их на 14,7 % меньше. Таким образом, большее количество продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы перед посевом кукурузы обеспечивают традиционная и разуплотняющая обработки почвы. Запасы продуктивной влаги при минимальной обработке на протяжении всех лет исследований были существенно ниже, а в 2020 г. снижение составило 36–38 %.

Структура урожая показывает, благодаря каким показателям идет формирование урожайности зерна кукурузы в зависимости от изучаемого фактора (таблица 2).

Таблица 2 – Структура урожая кукурузы на зерно в зависимости от системы основной обработки почвы (2018–2020 гг.)

Система основной обработки почвы	Масса, г		Количество початков на 1 растении, шт.
	1000 зерен	зерна с початка	
Традиционная	315,8	124,3	1,04
Минимальная мульчирующая с разуплотнением	311,5	123,6	1,03
Минимальная мульчирующая	313,1	120,1	0,93
$НСР_{05}$	8,6	3,7	0,03

Масса 1000 зерен, заявленная оригинатором, у гибрида Краснодарский 291 АМВ составляет 280–300 грамм. В проведенных нами исследованиях в среднем за три года масса 1000 зерен не имела существенных отличий в зависимости от систем основной обработки почвы, но при этом была выше заявленной и изменялась от 311,5 до 315,8 г.

Максимальный выход зерна с одного початка кукурузы получен при традиционной технологии ее возделывания – 124,3 г, что несущественно выше, чем на разуплотняющей обработке и достоверно превышает минимальную на 4,2 г.

Одинаковое количество початков сформировалось на одном растении кукурузы при традиционной и минимальной мульчирующей с разуплотнением системах обработки почвы. На минимальной мульчирующей количество початков, сформировавшееся на одном растении, ниже на 0,1 шт. или 10 % в сравнении с вышеуказанными обработками.

Одним из основных показателей агрономической эффективности применяемых систем основной обработки почвы является урожайность (рисунок 3).

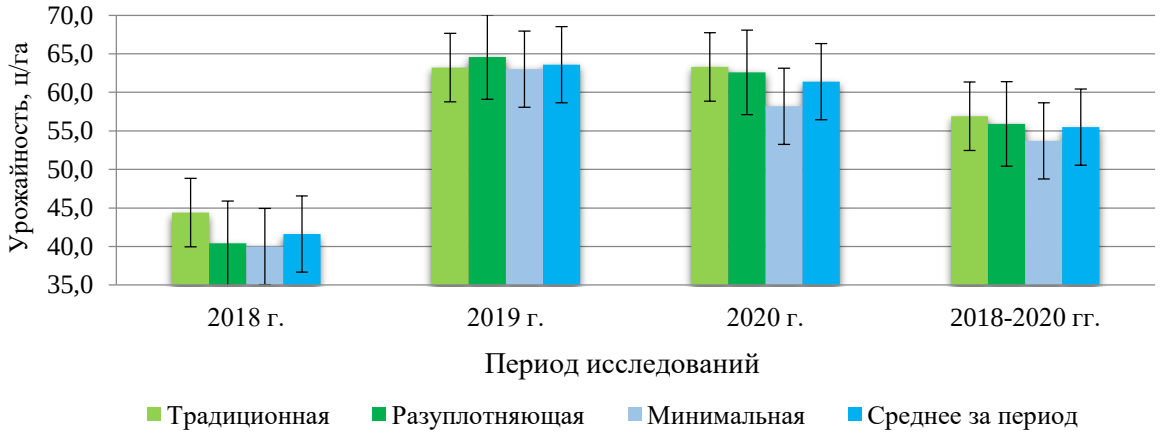


Рисунок 3 – Урожайность зерна кукурузы в зависимости от систем основной обработки почвы

Погодные условия, сложившиеся в 2018 г., крайне неблагоприятно сказались для получения высокой урожайности зерна кукурузы. Почвенная и воздушная засухи, вызванные высокими температурами и низкой относительной влажностью воздуха, привели к недобору урожая. Так, средняя ее урожайность ниже, чем в последующие годы на 20 ц/га. Тем не менее, оптимальной обработкой в этот год является традиционная, обеспечившая урожайность 44,4 ц/га, достоверно превысив минимальные обработки в среднем на 10,4 % ($НСР_{05}$ – 1,9).

Относительно благоприятным при возделывании кукурузы на зерно был 2019 г. Стоит отметить, что в начальные периоды роста и развития кукурузы стояла сухая и жаркая погода, что привело к замедлению темпов роста. Температура воздуха и наличие осадков в июле и августе позволили получить урожайность зерна от 63,0 до 64,6 ц/га или в среднем за год 63,3 ц/га; существенных отличий между исследуемыми вариантами не выявлено ($НСР_{05}$ – 2,1).

В условиях 2020 г. были получены полноценные всходы и хорошее развитие растений до вымётывания метелки. Большое количество осадков в июле способствовало формированию высокого потенциала продуктивности, но очень сухая и жаркая погода в период созревания не позволила его реализовать. По традиционной и разуплотняющей системах обработки почвы получена урожайность на 4,4–5,1 ц/га выше ($НСР_{05}$ – 2,2), чем по минимальной мульчирующей обработке почвы, которая составила 58,2 ц/га.

В среднем за 2018–2020 гг. при возделывании кукурузы по традиционной и минимальной мульчирующей с разуплотнением обработках почвы сформировалась более высокая урожайность, 56,9 и 55,9 ц/га соответственно, достоверно превысив на 3,2–2,2 ц/га показатели по минимальной мульчирующей обработке, которая уступала им на 6,0 % и 4,1 % соответственно ($НСР_{05}$ – 2,0).

Зерно кукурузы обладает высокой обменной энергией и усвояемостью питательных веществ. Анализ качества зерна кукурузы представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Качество зерна кукурузы в зависимости от системы основной обработки почвы (2018–2020 гг.), %

Система основной обработки почвы	Сырой протеин	Сырая зола	Сухое вещество
Традиционная	11,4	1,32	86,6
Минимальная мульчирующая с разуплотнением	11,2	1,27	86,6
Минимальная мульчирующая	10,9	1,26	86,1
$НСР_{05}$	0,4	0,04	2,9

Содержание сырого протеина – генетически обусловленный признак, который зависит от условий произрастания, в том числе и от технологий возделывания. При выращивании кукурузы по традиционной и разуплотняющей технологиям содержание сырого протеина в среднем за три года исследований составило 11,4 и 11,2% соответственно. А при минимальной обработке почвы отмечено снижение данного показателя на 0,5 % в сравнении с традиционной обработкой.

Зерно кукурузы, возделываемой по традиционной обработке, почвы имеет высокое содержание сырой золы – 1,32 %, тогда как на минимальных обработках она на 0,05 (разуплотняющая) – 0,06 (минимальная) % ниже.

Содержание сухого вещества в зерне кукурузы изменялось незначительно по вариантам опыта, и в среднем по обработкам почвы составило 86,4 %.

Выводы

Вспашка на глубину 25 см под кукурузу на зерно влияет на агрофизические показатели почвы, уменьшая плотность (1,26 г/см^3), но при этом ухудшая структурный состав и водопрочность почвенных агрегатов в сравнении с другими представленными обработками. При минимальной мульчирующей системе наоборот, плотность почвы большая, чем на других системах обработки – 1,33 г/см^3, но при этом количество агрономически ценных агрегатов на 4 % больше, чем на обработке с

разуплотнением и на 8,6 % чем на традиционной, коэффициент структурности на минимальных обработках – 3,1 и на традиционной – 3,2.

Наибольшее количество запасов продуктивной влаги отмечено в 2019 г. – 148,8 мм, в 2020 г. их накопилось меньше на 13,0 %, а в 2018 г. – на 16,4 %. В среднем за исследуемый период (2018–2020 гг.) выявлено, что высокое количество продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см перед посевом кукурузы обеспечивают традиционная (140,6 мм) и разуплотняющая (141,5 мм) обработки почвы. Запасы продуктивной влаги при минимальной технологии на протяжении всех лет исследований были существенно ниже других обработок на 14,4–14,9 % соответственно.

Возделывание кукурузы на зерно по традиционной и разуплотняющей системах обработки почвы обеспечивает получение большей урожайности с высоким содержанием сырого протеина – 11,4 и 11,2 % и золы – 1,32 и 1,27 % соответственно.

Проведя оценку действия изучаемых систем основной обработки на изменение почвенного плодородия и урожайность кукурузы на зерно, следует отметить возможность применения минимальной мульчирующей с разуплотнением в качестве основной обработки, где почва имеет оптимальные агрофизические свойства при относительно высокой урожайности и качестве зерна.

Литература

1. Великанова Л. О., Сисо А. В. Биоэнергетическая оценка альтернативных технологий возделывания кукурузы на зерно и озимой пшеницы в низменнозападинных агроландшафтах Центральной зоны Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 87 (03). С. 234–242.
2. Santra P., Kumar M., Kumawat R. N. Characterization and modeling of infiltration characteristics of soils under major land use systems in Hot Arid Region of India // Agricultural Research. 2021. P. 1–17. DOI: 10.1007/s40003-020-00511-1.
3. Васюков П. П., Чуварлеева Г. В., Лесовая Г. М., Мнатсаканян А. А. Влияние традиционной и минимальных систем обработки почвы на изменения почвенного плодородия // Таврический вестник аграрной науки. 2016. №. 3. С. 50–59.
4. Mamsirov N. I., Chumachenko Y. A., Udzhuhu A. C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization // Ecology, Environment and Conservation. 2018. Vol. 24. No. 1. P. 462–471.
5. Nyawira S. S., Hartman M. D., Nguyen T. H., Margenot A. J., Kihara J., Paul B. K., Sommer R. Simulating soil organic carbon in maize-based systems under improved agronomic managementin in Western Kenya // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 211. P. 105. DOI: 10.1016/j.still.2021.105000.
6. Москвичев А. Ю., Еремин С. В. Эффективность способов основной обработки и средств химизации на зерновую продуктивность кукурузы на черноземных почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 1–5.
7. Полоус В. С. Минимизация основной обработки почвы в звене зернопропашного севооборота // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 24–27.
8. Самыкин В. Н., Соловиченко В. Д., Потрясаев А. А. Урожайность и биоэнергетическая оценка агроприемов при возделывании кукурузы на зерно в зернопаропропашном севообороте в условия Белгородской области // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 7. С. 27–28.
9. Толорая Т. Р., Малаканова В. П., Ломовской Д. В., Ахтырцев М. М., Вакуленко И. Н., Ласкин Р. В., Таран Д. А. Влияние основной обработки почвы и гербицидов на продуктивность кукурузы // Земледелие. 2012. №. 4. С. 33–36.
10. Sornpoon W., Jayasuriya H. P. Effect of different tillage and residue management practices on growth and yield of corn cultivation in Thailand // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2013. Vol. 15. No. 3. P. 86–94.
11. Al-Kaisi M. M. Tillage and crop rotation effects on corn agronomic response and economic return at seven Iowa locations // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. No. 4. P. 1411–1424. DOI: 10.2134/agronj14.0470.
12. Cao H. B., Xie J. Y., Hong J. Wang X. Hu W. Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20. Iss. 6. P. 1636–1648. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63354-8.
13. Fen W. U., Zhai L. C., Ping X. U., Zhang Z. B., Baillo E. H., Tolosa L. N., Guo H. Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20. Iss. 2. P. 593–605. DOI:

10.1016/S2095-3119(20)63405-0.

14. Хлопяников А. М., Крюков А. Н., Ибадуллаев К. Б. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от приемов основной обработки почвы и средств химизации // Вестник Брянского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (2). Т. 4. С. 256–258.

15. Rusu T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage // International Soil and Water Conservation Research. 2014. Vol. 2. No. 4. P. 42–49. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30057-5.

16. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajicic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield // Chilean Journal of Agricultural Research. 2020. Vol. 80. No. 1. P. 80–89. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100080.

17. Moraru P. I., Rusu T. No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in the hilly areas of Romania // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2013. Vol. 11. No. 2. P. 1227–1231.

18. Tormena C. A., Karlen D. L., Logsdon S., Cherubin M. R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality // Soil and Tillage Research. 2017. Vol. 166. P. 122–130. DOI: 10.1016/j.still.2016.09.015.

19. Качинский Н. А. Физика почвы. Ч. 1. М.: Высшая школа, 1965. 257 с.

20. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы определения физических свойств почв и грунтов в поле и лаборатории. М.: Высшая школа, 1961. 344 с.

21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Под общ. ред. Федина М. А. М., 1985. 267 с.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2012. 351 с.

References

1. Velikanova L. O., Siso A. V. Bioenergy assessment of alternative technologies for the cultivation of maize after grain and winter wheat in the despicable of agricultural landscapes of Central zone of the Krasnodar region // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2013. No. 87 (03). P. 234–242.

2. Santra P., Kumar M., Kumawat R. N. Characterization and modeling of infiltration characteristics of soils under major land use systems in Hot Arid Region of India // Agricultural Research. 2021. P. 1–17. DOI: 10.1007/s40003-020-00511-1.

3. Vasyukov P. P., Chuvarleeva G. V., Lesovaya G. M., Mnatsakanyan A. A. Effect of traditional and minimum tillage system on changing the soil fertility // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2016. No. 3. P. 50–59.

4. Mamsirov N. I., Chumachenko Y. A., Udzhuhu A. C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization // Ecology, Environment and Conservation. 2018. Vol. 24. No. 1. P. 462–471.

5. Nyawira S. S., Hartman M. D., Nguyen T. H., Margenot A. J., Kihara J., Paul B. K., Sommer R. Simulating soil organic carbon in maize-based systems under improved agronomic management in Western Kenya // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 211. P. 105. DOI: 10.1016/j.still.2021.105000.

6. Moskvichev A. Yu., Eremin S. V. Basic cultivation and chemization means methods efficiency for maize grain productivity on Volgograd region chernozem soils // Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2013. No. 4 (32). P. 1–5.

7. Polous V. S. Minimization of tillage in the part of grain-cultivated crop rotation // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2010. No. 12. P. 24–27.

8. Samykin V. N., Solovichenko V. D., Potryasaev A. A. Bioenergy estimation of agronomic methods to cultivation of corn on grain in a grain-fallow-tilled crop rotation // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2010. No. 7. P. 27–28.

9. Toloraya T. R., Malakanova V. P., Lomovskoy D. V., Akhtyrtsev M. M., Vakulenko I. N., Laskin R. V., Taran D. A. Influence of main soil treatment and herbicides on maize productivity // Zemledelie. 2012. No. 4. P. 33–36.

10. Sornpoon W., Jayasuriya H. P. Effect of different tillage and residue management practices on growth and yield of corn cultivation in Thailand // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2013. Vol. 15. No. 3. P. 86–94.

11. Al-Kaisi M. M. Tillage and crop rotation effects on corn agronomic response and economic return at seven Iowa locations // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. No. 4. P. 1411–1424. DOI: 10.2134/agronj14.0470.

12. Cao H. B., Xie J. Y., Hong J. Wang X. Hu W. Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20. Iss. 6. P. 1636–1648. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63354-8.

13. Fen W. U., Zhai L. C., Ping X. U., Zhang Z. B., Baillo E. H., Tolosa L. N., Guo H. Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-Huai-

Hai Plain of China // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20. Iss. 2. P. 593–605. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63405-0.

14. Khlopyanikov A. M., Kryukov A. N., Ibadullaev K. B. Productivity of grain of corn depending on receptions of the main processing of the soil of means of chemicalixation// Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta (The Bryansk State University Herald). 2012. No. 4 (2). Vol. 4. P. 256–258.

15. Rusu T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage // International Soil and Water Conservation Research. 2014. Vol. 2. No. 4. P. 42–49. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30057-5.

16. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajicic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield // Chilean Journal of Agricultural Research. 2020. Vol. 80. No. 1. P. 80–89. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100080.

17. Moraru P. I., Rusu T. No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in the hilly areas of Romania // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2013. Vol. 11. No. 2. P. 1227–1231.

18. Tormena C. A., Karlen D.L., Logsdon S., Cherubin M.R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality // Soil and Tillage Research. 2017. Vol. 166. P. 122–130. DOI: 10.1016/j.still.2016.09.015

19. Kachinsky N. A. Soil Physics. Part 1. Moscow: Vysshaya shkola, 1965. 257 p.

20. Vadyunina A. F., Korchagina Z.A. Methods for determining the physical properties of soil in the field and laboratory. Moscow: Vysshaya shkola, 1961. 344 p.

21. Methods of the State variety testing of agricultural crops. // Under general editorship of Fedin M. A. Moscow, 1985. 267 p.

22. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2012. 351 p.

UDC 631.45:631.559:633.15:631.51

Mnatsakanyan A. A.

SOIL FERTILITY AND CORN YIELD CHANGES DEPENDING ON THE TILLAGE SYSTEMS

Summary. *Tillage system is one of the factors that influences crop yield. The aim of the research was to determine the influence of the basic tillage systems on the change in soil fertility, yield and quality of corn grain in the soil and climatic conditions of the central zone of the Krasnodar Territory. The surveys were conducted in 2018–2020 on the experimental fields of the FSBSO "National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko". Soil – chernozems leached. All the experiments were carried out according to the standard methodology. In a stationary experiment, observations were performed to study several tillage practices: conventional tillage (25 cm depth plowing), mulch tillage with soil decompaction (reduced tillage done with a chisel plow to a depth of 32 cm for row crops), mulch tillage (deep tillage is excluded, disking to a depth of 10 cm twice or thrice is used instead). Plowing to a 25 cm depth improves the bulk of the soil in the 0–30 cm layer. However, chiseling to a depth of 32 cm and disking to a depth of 10 cm twice or thrice caused soil compaction. Standard tillage practice led to a decrease in the number of agronomically valuable aggregates (61.1 %) and their water resistance (59.4 %) compared to soil decompaction and minimum-tillage systems. The highest rates of productive moisture reserves were on the plots with traditional tillage and decompaction (140.6 and 141.5 mm, respectively, which is 14.7 % higher compared to the minimum mulching). The studied soil cultivation systems did not affect "1000-grain weight" but significantly affected the yield of grain from one ear (124.3 g) and the number of formed ears per one plant (1.04 pcs.). The corn yield on the fields with traditional and decompaction tillage methods was 56.9 and 55.9 c/ha, respectively; on minimum-tillage system, it decreased by 4.8 %. Protein content in grain harvested from the plots with traditional tillage practice was 11.4 %, which is higher compared to the minimum-tillage system. No significant differences were detected for crude ash and dry matter.*

Keywords: *basic tillage system, agrophysical properties, agrochemical properties, Zea mays, yield, grain quality.*

Мнатсаканян Арсен Аркадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией земледелия ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 350012, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, Центральная Усадьба КНИИСХ; e-mail: newagrotech2015@mail.ru.

Mnatsakanyan Arsen Arkadievich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, head of the Laboratory of agriculture, Federal State Budget Scientific Organization “National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko”; Central Estate of KNIISH, Krasnodar, 350012, Russia; e-mail: newagrotech2015@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 10.04.2021.
Дата принятия к печати – 22.07.2021.