

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

Лазарев А.П.<sup>1</sup>, Митриковский А.Я.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, Россия (625001, Тюмень, ул. Луначарского, 2) e-mail: [bgd@tgasu.ru](mailto:bgd@tgasu.ru)

Рассмотрено влияние агроклиматических условий, основной обработки почвы и предшественников на урожайность зеленой массы кукурузы. Определены коэффициенты вариации урожая в зависимости от предшественника, по предшественнику озимая рожь его значение составило 35-43%, а по предшественнику пшеница – 48-51%. Установлено, что высокие урожаи зеленой массы кукурузы в условиях лесостепи Северного Зауралья были получены по предшественнику озимая рожь и отвальной обработке на глубину 20- 22 см. Результаты исследований установлено, что между массой сорняков в посевах кукурузы и урожаем зеленой массы кукурузы была установлена достоверная отрицательная корреляционная связь средней степени ( $r = -0.45$ ). Длительные исследования подтвердили различное влияние предшествующих культур на продуктивность зеленой массы кукурузы. Силосная культура в звене севооборота после озимой ржи более интенсивно формировала биологическую массу, чем там, где она располагалась по пшенице. Из применяемых систем основных обработок почвы под кукурузу самой эффективной является отвальная. Мелкая плоскорезная обработка почв на глубину 12–14 см по сравнению с отвальной на 20-22 см снижала урожай кукурузы в большей степени, чем другие обработки.

Ключевые слова: наименьшая влагоемкость (НВ), гидрогермический коэффициент (ГТК), запасы продуктивной влаги, предшественники.

## PRODUCTIVITY GREEN MASS CORN DEPENDING ON AGRO-CLIMATIC CONDITIONS, BASIC PROCESSING AND PREDECESSORS

Lazarev A.P.<sup>1</sup>, Mitrikovskiy A.J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, Russia (625001, Tyumen, Lunacharskogo street, 2) e-mail: [bgd@tgasu.ru](mailto:bgd@tgasu.ru)

The influence of agro-climatic conditions, primary tillage and predecessors productivity of green mass of corn . The coefficients of variation of harvest depending on the predecessor to the predecessor winter rye its value was 35-43 %, and wheat predecessor - 48-51 %. Found that high yields of green mass of corn in the forest-steppe of Northern Zauralye were obtained by predecessor winter rye and moldboard plowing to a depth of 20 - 22 cm. Results of studies found that between the mass of weeds in maize and maize yield of green mass was set significant negative correlation between the average power ( $r = -0.45$ ). Long-term studies have confirmed the effect of different preceding crops on productivity of green mass of corn. Soilage in the chain rotation after winter rye more intensely shaped biological mass, than where it was located on wheat. Of applied major basic tillage soil under maize is the most effective moldboard. Small ploskoreznaya tillage a depth of 12 - 14 cm as compared with moldboard reduced by 20-22 cm maize crop to a greater extent than the other treatments.

Keywords: field capacity, gidrogermichesky coefficient, moisture reserves, predecessors.

### Введение

В Тюменской области из силосных культур наиболее распространена кукуруза. Она дает высокие урожаи и является основой кормовой базы животноводства.

Растения кукурузы при формировании зеленой массы с початками молочно-восковой спелости в 500 ц/га могут давать 1200 кормовых единиц [1]. Способность этой культуры выдерживать монокультуру объясняется большой массой органических остатков, ежегодно

остающихся после уборки [4]. Посевы кукурузы позволяют экономить не менее 15-20% высокобелковых кормов благодаря снижению затрат корма и протеина на единицу животноводческой продукции [2].

Немаловажную роль играет кукуруза в очистке атмосферного воздуха, за время вегетации 1 га ее посевов усваивает 15т – оксида углерода, тогда как 1 га леса усваивает всего 3 т этого соединения [5].

### **Объекты и методы**

Данные исследования проводились на стационаре НИИСХ Северного Зауралья на территории землепользования Ишимского ОПХ Тюменской области. Объектами исследования являются чернозем лесостепи Тюменской области, культура севооборота кукуруза. В годы исследований были использованы данные метеостанции г. Ишим.

В задачу исследований входило: изучить влияние агроклиматических условий, вариантов основной обработки почв и предшественников на урожайность зеленой массы кукурузы пяти сортов (Днепровский 247 МВ, Коллективный 101 ТВ, Буковинский – 11, Венгерский Бемо – 181 и Малдавский 215).

### **Результаты**

Климат северного Зауралья формируется под влиянием холодных арктических воздушных масс Северного Ледовитого океана, а также ветров дующих из Казахстана и Северной Азии. Климат резко континентальный, характеризуется суровой зимой и непродолжительным и теплым летом. За годы исследований сумма положительных температур свыше +10<sup>0</sup>С изменились в пределах от 1505 до 1754<sup>0</sup>С.

В годы исследований определялась корреляционная зависимость между урожайностью зеленой массы кукуруз, количеством сорняков, суммой атмосферных осадков и влагообеспеченностью почв за период вегетации.

Кукуруза требовательна к теплу, свету, влаге, плодородию почвы и культуре земледелия. В годы (1975-2004) проведения стационарных полевых опытов ежегодная смена агрометеорологических условий приводила к значительной изменчивости урожая зеленой массы. Он изменялся в довольно широком интервале – 86-706 ц/га.

Коэффициент вариации урожая для вариантов опыта, где силосная культура размещалась после озимой ржи, составил 35-43 %, а после предшественника – пшеницы – 48-51 %. Высокая стабильность урожая биомассы кукурузы прослеживалась на варианте опыта с ежегодной осенней вспашкой почвы на глубину 20-22 см.

В данных исследованиях рассмотрена зависимость продуктивности растений кукурузы от агрометеорологических условий, засоренности, основных механических обработок и двух предшествующих культур.

Посев семян скороспелых гибридов кукурузы Днепровский 247 МВ, Коллективный 101 ТВ, Буковинский – 11, а в последнее время Венгерский Бемо 181 и Молдавский 215 проводили в третьей декаде мая – начале июня. В это время в почве уровень обеспеченности запасами продуктивной влаги чаще хороший (150-180 мм, или 67-80 % НВ) и реже – очень хороший (181-225 мм, или 80 % НВ).

В годы, когда в почве на глубине посева семян температура превышала 16<sup>0</sup>С, всходы появлялись быстро (через 10-15) дней. Если семена высевались в слабо прогретую почву (в ней температура не достигала 15<sup>0</sup>, а часто колебалась от 10 до 14<sup>0</sup>С), то длительность периода посев – всходы возрастала до 20 – 27 дней.

В третьей декаде мая 1979 года недостаточное прогревание почвы (до температуры ниже +10<sup>0</sup>) сдерживало прорастание семян. Они начали прорасти в первой и второй декадах июня при температуре соответственно 10,3 и 14,9<sup>0</sup>С. Всходы появились со значительной задержкой – на 28 сутки.

В вышеуказанном году кукуруза сформировала низкий урожай зеленой массы – 243 ц/га. Такой урожай определился рядом следующих причин: запаздывание всходов и вследствие этого сокращение вегетационного периода, отрицательного влияния сорняков (их удельный вес в биомассе посевов кукурузы составил 34,2 %), недостаточной теплообеспеченностью (сумма среднесуточных температур воздуха выше +10<sup>0</sup>С за вегетационный период составила всего 1443<sup>0</sup>).

Кукуруза наиболее требовательна к теплу, как известно, в период от посева до выбрасывания метелок, а к влаге – за 10 дней до выметывания и 20 дней после выметывания метелок.

Силосная культура в начальные фазы развития росла медленно и мало потребляла почвенной влаги. Поэтому в июне расходовалась влага из почвы на эвапотранспирацию (испарение физическое и растениями на транспирацию) в незначительном количестве. В слое чернозема 0 – 20 см сохранились преимущественно удовлетворительные запасы продуктивной влаги – 21-30 мм, а в 0-100 см – удовлетворительные, и хорошие – 120-175 мм.

В отдельные годы (1975 и 1990) в первом летнем месяце выпадало мало атмосферных осадков, поэтому уже в третьей декаде июня обрабатываемый слой почвы снизил запасы влаги до неудовлетворительного уровня (менее 20 мм).

В течение восьми лет (1975, 1983, 1987, 1988, 1990, 1994, 1995, 1996) в июне атмосферные осадки выпадали в очень небольшом количестве – 13,0-19,5 мм и составил всего лишь 22,4-33,6 % от среднемноголетней нормы (58 мм). В эти годы средняя температура первого летнего месяца составляла 18,7<sup>0</sup> и превышала среднемноголетнюю на 2,1<sup>0</sup>.

В вышеперечисленные годы с сильно засушливым июнем (его гидротермический коэффициент варьировал в интервале 0,2-0,5), но с общей суммой осадков за лето более 100 мм, силосная культура всегда накапливала довольно хорошую биомассу. Ее урожай в среднем составил 493 ц/га.

В целом за годы наших исследований биологическим требованиям культуры благоприятствовали условия увлажнения летнего периода: в июне гидротермический коэффициент (ГТК) в среднем равнялся 0,98, июле – 1,24, августе – 1,27. В результате исследований нами установлено, что урожай зеленой массы кукурузы лишь на слабо засоренных участках всех вариантов опытов тесно коррелировали с суммой осадков за июль и август. Коэффициент корреляции составил 0,59.

Сорняки, часто появляющиеся в большом количестве во влагообеспеченные годы, вступали с растениями возделываемой культуры в конкурентные взаимоотношения за влагу, питательные вещества, что в конечном итоге снижало урожай. Он, в основном из-за большого количества сорняков, на всех вариантах опыта за 1975-2004 гг. утрачивал корреляционную связь с суммой атмосферных осадков за два последних летних месяца.

В отдельные годы, как 1995, когда за вегетационный период выпало атмосферных осадков ниже нормы на 25 % (170 мм), посевы кукурузы сильно были засорены сорной растительностью. Поэтому в этом году по сравнению с 1984, имеющим почти одинаковые показатели агрометеорологических условий, культура из-за высокой засоренности снизила урожай на 26 % (табл. 1).

В посевах силосной культуры, как показали наши многолетние исследования, вредоносность сорняков в большей мере связана не с их численностью, а с массой. Когда сорные растения в общей биомассе посевов кукурузы достигли 17,5 % и более, то ее урожайность зеленой массы существенно снижалась (рис. 1).

Таблица 1 – Влияние агрометеорологических условий и сорняков на урожай зеленой массы кукурузы на черноземе.

Год	Осадки, мм	Сумма среднесуточных температур выше 10 <sup>0</sup> С	Гидротермический коэффициент	Осадки (мм) в течении 10 дней до выметывания и 20 дней после выметывания метелок	% сорняков в биомассе посевов кукурузы	Урожай, ц/га
За вегетационный период						
1987	104	1692	0,6	41	4,9	471
1990	106	1703	0,6	47	15,9	486
1983	117	1705	0,6	46	17,5	328
1981	118	1688	0,7	1	17,9	289
1989	118	1754	0,8	67	13,2	372
2004	122	1553	0,8	38	23,0	318
1997	133	1444	0,9	23	8,2	352
1988	134	1717	0,8	55	6,0	577
1996	137	1595	0,9	66	3,9	510
1995	139	1608	0,9	26	51,1	299
1984	144	1549	0,9	24	6,0	405
1982	147	1592	0,9	82	5,3	489
2003	147	1535	0,9	56	26,1	347
1991	148	1655	1,0	52	14,7	441
1975	166	1505	1,1	112	3,4	545
2000	176	1653	1,1	62	12,1	543
1999	177	1551	1,2	34	42,6	427
2002	191	1443	1,3	62	22,1	355
1986	222	1411	1,6	91	8,7	499
1985	278	1523	1,8	112	2,7	706

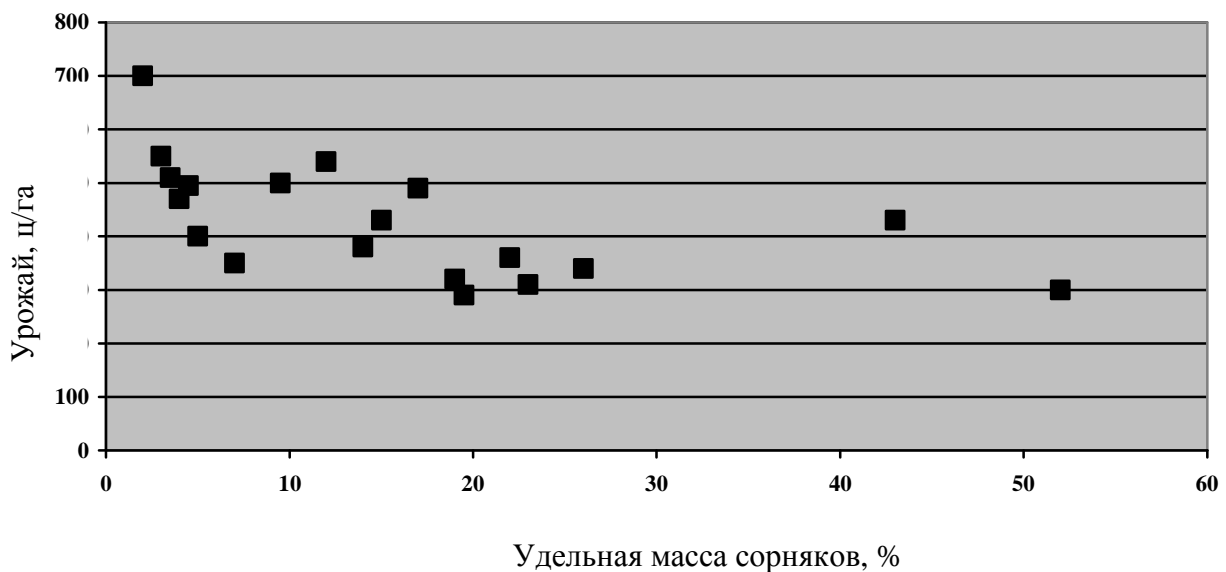


Рис. 1 Влияние удельной массы сорняков в общей биомассе посевов кукурузы на формирование ее урожая

Между массой сорняков (в %) в посевах кукурузы и урожаем зеленой массы была установлена достоверная отрицательная корреляционная связь средней степени. Коэффициент корреляции ( $r$ ) равнялся  $(-0,45)$ .

Кукуруза потребляла наибольшее количество влаги во второй половине лета, особенно в течение 10 дней до выметывания и 20 дней после выметывания метелок. В этот период заканчивается формирование мужских и женских соцветий, происходит оплодотворение и усиленно нарастает вегетативная масса [1].

От суммы выпавших осадков за вышеуказанный критический период развития растений зависела урожайность зеленой массы возделываемой культуры (рис. 2).

Между суммой атмосферных осадков за критический период (его начало часто при наступлении третьей декады июля и окончание – второй декады августа) и урожайностью зеленой массы кукурузы на большинстве вариантов опыта устанавливалась положительная корреляционная связь средней степени ( $r$  варьировал от 0,43 до 0,48). Лишь урожаи зеленой массы силосной культуры на варианте опыта с ежегодной осенней мелкой плоскорезной обработкой почвы с атмосферными осадками коррелировали слабо.

Нами установлено, что при осадках менее 55 мм за указанный период, кукуруза формировала урожай зеленой массы в среднем равный 382 ц/га, а при более 55 мм – 505 ц/га. Прирост биомассы, связанный с лучшей влагообеспеченностью растений в критический период, составил 123 ц/га.

В 1976 году за летний период выпало очень мало атмосферных осадков – 95,5 мм, а сумма среднесуточных положительных температур воздуха выше 10<sup>0</sup> превысила норму на 96<sup>0</sup> и достигла 1628<sup>0</sup> С. Все летние месяцы характеризовались засушливыми условиями увлажнения (средняя величина ГТК за июль-август не превысила 0,6). В течение длительного времени прослеживалось иссушение всего профиля чернозема. В его слоях 0-20 и 0-100 см дефицит влаги до показателя наименьшей влагоемкости в максимуме достигал соответственно до 43 и 150 мм.

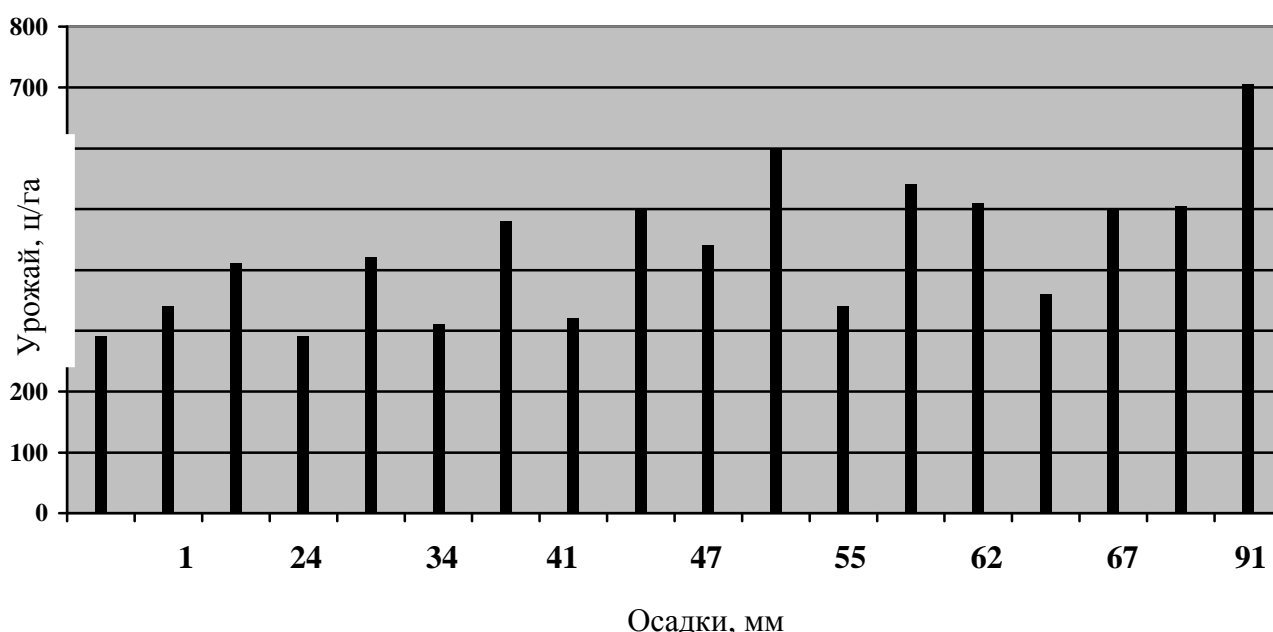


Рис. 2 Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от суммы выпавших дождевых осадков за критический период растений (за 10 дней вымётывания и 20 дней после вымётывания метёлок)

Растения кукурузы остро реагировали на неблагоприятные условия увлажнения чернозема и замедляли биологические процессы роста. Кукуруза на всех вариантах опыта за вегетационный период очень слабо накапливала вегетативную массу. Урожайность в 1976 г. изменялась в основном от 107 до 123 ц/га, но иногда снижалась до 88 ц/га.

В другие годы с большим количеством тепла (1981, 1983, 1987, 1989, 1990) с суммой летних среднесуточных температур выше + 10<sup>0</sup>С, изменяющейся в интервале 1688-1754<sup>0</sup>С, повышенным количеством атмосферных осадков до 104,4-118,4 мм (более 65 % нормы) благоприятно влияло на рост и развитие растений. Но водный режим почвы под посевами кукурузы в отдельные периоды ее вегетации складывался неудовлетворительно. В одни годы

растения испытывали значительный недостаток в июле, а в другие – в августе. При этом запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см снижались до 9-17, 0-50 см – 30-68, 0-100 см – 72-120 мм.

В пяти вышеуказанных годах с недостаточной влагообеспеченностью вегетационного периода формирование урожайности зеленой массы кукурузы существенно зависело от характера распределения атмосферных осадков. Такой вывод подтверждается следующими данными. В 1981 году за лето выпало незначительное количество осадков – 118,4 мм. Из них в июне – 35,6 мм (30,1 %), июле – 85,5 мм (69,7 %), августе – 0,3 мм (0,2 %). Очень мало осадков (1,2 мм) было отмечено в критический для растений кукурузы период. Поэтому был получен низкий урожай зеленой массы – 289 ц/га.

В летний период 1990 года по сравнению 1981 осадков выпало меньше всего (105,8 мм). они распределились несколько иначе: в июне – 19,3 мм (18,8 %), июле – 52,4 мм (49,6 %), августе – 34,1 мм (32,2 %) и в критический для растений период – 47,5 мм. Кукуруза, благодаря более равномерному распределению осадков, формировала урожай в 486 ц/га.

Летом 1888 года количество атмосферных осадков возросло до 134 мм. Из них основная масса выпала в июле – августе – 114,8 (86 %), в том числе в критический период – 55мм. При указанной сумме осадков и их более равномерном распределении кукуруза интенсивно наращивала вегетативную массу. Ее урожай формировался высоким – 577 ц/га.

В 1985 году сумма летних среднесуточных температур воздуха выше +10<sup>0</sup>С соответствовала среднегодовой (1532<sup>0</sup>С), а количество атмосферных осадков превысило норму в 1,5 раза и составило 278,4 мм. Они распределились следующим образом: в июне – 48,1, июле – 114,6, августе – 115,7 мм. Величина ГТК в соответственно указанные месяцы равнялись – 1,0; 2,1 и 2,4.

Атмосферные осадки оптимально увлажняли почву. В слое 0-20 см запасы продуктивной влаги в основном изменялись в довольно узком пределе – от 47 до 51 мм (90-98 % наименьшей влагоемкости). Слой почвы при такой влагонасыщенности сохранял для корневой системы растений благоприятную воздухоемкость. Порозность аэрации превышала 20 %.

В метровом слое почвы обеспеченность запасами продуктивной влаги изменялась от хорошей (163 мм) до очень хорошей (202 мм).

На продуктивность растений кукурузы при формировании урожая при оптимальных почвенно-климатических условиях 1985 г. и слабой засоренности сорняками (они в биомассе посевов возделываемой культуры на варианте с обвальноей обработкой почвы составили в



среднем 4, а с плоскорезной – 12,2 %) существенно влияли предшествующие культуры и основные механические обработки почвы.

В посевах кукурузы, размещенной после озимой ржи на варианте с плоскорезной обработки почвы, урожайность зеленой массы составила 673 ц/га, а с отвальной – 706 ц/га. Силосная культура после пшеницы и при соответственно указанных обработках дала несколько меньший урожай – 571 и 654 ц/га.

В 26 % лет наших исследований за вегетационный период атмосферные осадки превышали норму. Они хорошо увлажняли почву, но недостаток тепла снижал биологические процессы роста и развития растений. Так, например, в 1980 и 1992 годах при осадках равных 225,3 и 200,7 мм и малой сумме положительных температур воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$  – 1385 и 1394<sup>0</sup> С кукуруза по предшественникам (озимой ржи, пшенице) имела низкую урожайность зеленой массы – 267 и 168 ц/га.

Наиболее благоприятные агрометеорологические условия для кукурузы складывались в течение 6 лет (1975, 1977, 1985, 1988, 1996, 2000). В эти годы за вегетационный период сумма положительных температур воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$  изменялась в интервале 1504 – 1717<sup>0</sup> С, эффективных – 560-764<sup>0</sup> , а количество дождевых осадков варьировало от 134 до 278 мм. Величина ГТК за указанный период изменялась от 0,78 до 1,38.

В шести вышеуказанных годах исследований интенсивное накопление биомассы растений было связано не только с суммой выпадающих летних осадков, но и с их наиболее благоприятным распределением. Средний урожай по предшественнику озимая рожь составил 564, а по пшенице – 523 ц/га. Вегетационный период у скороспелых гибридов кукурузы длился 95-100 дней. При этом в этот период растения нуждаются в сумме эффективных среднесуточных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  в интервале 916-971<sup>0</sup> С [2].

В нашем опыте у кукурузы, убираемой на силос в фазе молочно-восковой спелости, вегетационный период длился 76-90 дней. Этот период обеспечивался теплом преимущественно на 65-81 % от необходимого. А в 80 % лет (в них среднесуточные температуры воздуха находились в пределах нормы и выше) сумма выпавших дождевых осадков не достигла нормы (185 мм за лето).

Растения из-за недостаточной влагообеспеченности слабо наращивали вегетативную массу. Поэтому установлено, что у кукурузы, испытывающей ежегодно недостаток тепла, урожаи зеленой массы слабо коррелировали со среднесуточной температурой воздуха за период вегетации (в том числе в период от посевов до выбрасывания метели).

Длительные исследования (1975-1996 гг.) подтвердили различное влияние предшествующих культур на продуктивность зеленой массы кукурузы (табл. 3).

Таблица 3 – урожайность зеленой массы кукурузы в разных звеньях севооборотов в зависимости от основных обработок чернозема, ц/га (данные за 1975-1996 и 1975-2004 гг.)

Основная обработка почвы	Однолетние травы – озимая рожь - кукуруза	Озимая рожь – пшеница - кукуруза	
	1975 - 1996	1975-1996	1975- 2004
Ежегодная вспашка на глубину 20-22 см	398	346	350
Чередование безотвальной обработки стойками СиБИМЭ и вспашки на глубину 20-22 см (через год)	386	323	332
Ежегодная плоскорезная обработка КПЭ-3,8 на глубину 12-14 см	366	296	298
Чередование вспашки на глубину 28-30 см (с 2003 г. на 20-22 см) и плоскорезной обработки КПЭ-38 на глубину 12-14 см (через год)	382	335	338

Силосная культура в звене севооборота после озимой ржи более интенсивнее наращивала биологическую массу, а там, где она размещалась по предшественнику пшеница урожай зеленой массы на вариантах опыта снизился в среднем на 58 ц/га.

За 1997-2004 гг. по сравнению с 1975-1996 возделываемая культура урожайность зеленой массы почти не повысила.

Из применяемых нами систем обработок под кукурузу самой эффективной являлась отвальная. Мелкая плоскорезная обработка почвы на глубину 12-14 см по сравнению со вспашкой на 20-22 см снижала урожай кукурузы сильнее, чем другие обработки.

Таким образом, наши исследования показали, что кукуруза в годы с сильно засушливым июнем, но с суммой атмосферных осадков за лето более 100 мм, накапливала интенсивно вегетативную массу. Ее формирование в вегетационные периоды с недостаточной влагообеспеченностью существенно зависело от характера распределения атмосферных осадков в течение вегетации.

Во второй половине лета культура наиболее требовательна к обеспечению влагой особенно в течении 10 дней до выметывания и 20 дней после выметывания метелок.

Кукуруза в вегетационный период за годы исследований обеспечивалась теплом, преимущественно на 65-81 % от необходимого. Но урожай зеленой массы слабо коррелировали со среднесуточной температурой воздуха за вегетацию культуры в основном из-за того, что в половину лет исследований атмосферных осадков выпало незначительное количество.

## **Выводы**

1. Кукуруза в звене севооборота после озимой ржи более интенсивно формировала биологическую массу, а там, где она размещалась по предшественнику пшеница, урожайность зеленой массы снижалась в среднем на 58 ц/га.

2. Из применяемых основных обработок почвы под кукурузу самой эффективной являлась отвальная на глубину 20-22 см. Мелкая плоскорезная обработка на глубину 12-14 см снижала урожай кукурузы в большей степени, чем другие обработки.

3. В годы исследований с высокими температурами воздуха в июне, но с суммой атмосферных осадков за вегетационный период в количестве 100 мм и более кукуруза интенсивно формировала вегетативную массу.

### Список литературы

1. Бурлака В.В. Растениеводство Северного Зауралья/ В.В. Бурлака. – 1975. – 434 с.
2. Вавилов П.П. Растениеводство учебник. – М.: 1986 – 512 с.
3. Зональная система земледелия Тюменской области. – Новосибирск, 1989. – 444 с.
4. Третьяков Н.Н. Кукуруза в Нечерноземной зоне – М.: Колос, 1974. – 320 с.
5. Складова М.А./Влияние цинковых удобрений на содержание цинка в растениях кукурузы в условиях Западной Сибири // Материалы Международной научно-практической конференции. Проблемы агрохимии, почвоведения и экологии. – Омск: 2009. – 277 с.

### Рецензенты:

Сапега В.А., д.с.-х.н., профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.

Хромцов Н.В., д.т.н., профессор кафедры строительного производства, оснований и фундаментов ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.