

## Агроклиматическая оценка формирования продуктивности кукурузы на зерно в Донбасском регионе

*Л.М. Попытченко, к.г.н., ГОУ ЛНР Луганский НАУ*

Современное потепление климата является причиной изменения агроклиматических ресурсов для выращивания сельскохозяйственных культур в Донбасском регионе [1, 2]. По расчётам ведущих специалистов и учёных Российской академии наук к середине XXI в. температура воздуха повысится на 2–4°C в зимний период в северных широтах, в летний период – на юге. Количество осадков в высоких широтах возрастет на 20–30%, а в южных – уменьшится на 10–15% [3]. В Донбассе также наблюдаются климатические изменения в

сторону потепления за последние десятилетия, что приводит к изменению биоклиматических ресурсов разных агроклиматических районов, но эффективность использования этих ресурсов культурой кукурузы на зерно очень низкая (18–35%) [1]. Для адаптации технологии выращивания кукурузы на зерно к изменившимся условиям климата необходимо углублённое изучение особенностей формирования продуктивности культуры в сложившихся агроклиматических условиях.

**Цель исследования** – разработка оценки степени влияния температуры воздуха и количества осадков на продуктивность культуры кукурузы

в современных условиях изменения климата в Донбасском регионе.

**Объектом исследования** являются климатические ресурсы разных агроклиматических районов Донбасса и культура кукуруза на зерно. **Задача исследования** заключалась в расчёте коэффициентов продуктивности по температуре воздуха и количеству осадков для различных периодов вегетационного цикла кукурузы на зерно в разных агроклиматических районах Донбасса.

**Материал и методы исследования.** Для проведения исследования использован материал агроклиматических справочников Луганской и Донецкой областей [4–6]. Используются климатические данные метеостанций Троицкое, Сватово, Беловодск, Луганск, Дарьевка, Артемовск, Дебальцево, Красноармейск, Донецк, Амвросиевка, Волноваха, Мариуполь.

Для проведения исследования был использован метод расчёта коэффициентов продуктивности по температуре воздуха  $\eta$  (Т), по количеству осадков  $\eta$  (R), совместных коэффициентов продуктив-

ности  $\eta$  (Т, R) и суммарных коэффициентов продуктивности S (Т, R) по методике В.П. Дмитренко [7, 8]. Для расчёта продуктивности культуры по климатическим показателям использованы таблицы и номограммы по оценке влияния температуры воздуха и количества осадков на продуктивность и урожайность культуры [7].

Оценку коэффициентов продуктивности по степени благоприятности для растений производили по классификации В.П. Дмитренко (1980 г.): 85–100% – благоприятные условия; 65–85% – удовлетворительные; 35–65% – неблагоприятные; 15–35% – очень неблагоприятные; 0–15% – чрезвычайные условия [8]. Используя эту классификацию, мы дали современную оценку продуктивности культуры кукурузы на зерно по периодам вегетационного цикла в зависимости от климатических показателей, а также для сравнения рассчитали коэффициенты продуктивности по климатическим данным справочников на 1958, 2002 и 2016 гг. для центральных районов Луганской области (МС Луганск).

#### 1. Коэффициенты продуктивности по температуре воздуха $\eta$ (Т) и количеству осадков $\eta$ (R) для периодов вегетации кукурузы на зерно в Луганской области

Период вегетационного цикла, мес.	$T_{cp}$	$T_o$	$\eta(T)$	$R_{cp}$	$R_o$	$\eta(R)$	$\eta(T, R)$	$\alpha$	$\alpha \eta(T, R)$
МС Троицкое									
XII–III	-3,8	-1	85	135	170	92	78	0,15	11,7
IV–V	11,8	11	97	78	100	94	91	0,26	23,7
VI–VII	19,9	18	86	151	180	95	82	0,38	31,2
VIII	19,6	18	90	43	70	98	88	0,14	12,32
IX	13,9	12	100	48	10	70	70	0,07	4,9
S(T, R) = 84%									
МС Сватово									
XII–III	-2,8	-1	94	156	170	97	91	0,15	14
IV–V	12,4	11	92	89	100	97	89	0,26	23,1
VI–VII	20,4	18	79	124	180	88	69	0,38	26,2
VIII	19,9	18	86	41	70	97	83	0,14	11,6
IX	14,2	12	83	58	10	75	62	0,07	4,34
S(T, R) = 79%									
МС Беловодск									
XII–III	-3,2	-1	90	163	170	98	88	0,15	14
IV–V	11,8	11	97	76	100	93	90	0,26	23,1
VI–VII	20,2	18	83	120	180	88	73	0,38	26,2
VIII	19,7	18	89	38	70	97	86	0,14	11,6
IX	13,9	12	86	53	10	73	63	0,07	4,34
S(T, R) = 79%									
МС Луганск									
XII–III	-2	-1	98	144	170	94	92	0,15	13,8
IV–V	12,8	11	88	76	100	90	79	0,26	20,5
VI–VII	21,2	18	66	143	180	94	62	0,38	23,6
VIII	20,9	18	71	38	70	97	69	0,14	9,7
IX	15	12	70	52	10	72	50	0,07	3,5
S(T, R) = 71%									
МС Дарьевка									
XII–III	-3,5	-1	88	204	170	100	88	0,15	13,2
IV–V	11,8	11	97	90	100	97	94	0,26	24,4
VI–VII	20,4	18	79	130	180	91	72	0,38	27,4
VIII	20,6	18	76	44	70	97	74	0,14	10,4
IX	14,7	12	75	48	10	70	52	0,07	3,6
S(T, R) = 79%									

**Результаты исследования.** Нами рассчитаны коэффициенты продуктивности по температуре воздуха и количеству осадков для всех периодов вегетационного цикла развития кукурузы на зерно по климатическим данным всех агроклиматических районов Донбасса на 2016 г. Результаты представлены в таблицах 1, 2.

Расчёты проведены для следующих периодов вегетационного цикла: предпосевной (XII–III),

посев-укоренение (IV–V), формирование вегетативных органов (VI–VII), образование генеративных органов (VIII), созревание (IX). Условные обозначения:  $T_{cp}$  – фактическая средняя температура за период;  $T_o$  – оптимальная температура воздуха за данный период;  $R_{cp}$  – фактическая сумма осадков за период;  $R_o$  – оптимальное количество осадков за период;  $\alpha$  – весовой множитель, учитывающий вклад данного периода в урожайность культуры.

2. Коэффициенты продуктивности по температуре воздуха  $\eta(T)$  и количеству осадков  $\eta(R)$  по периодам вегетации кукурузы на зерно в Донецкой области

Период вегетационного цикла, мес.	$T_{cp}$	$T_o$	$\eta(T)$	$R_{cp}$	$R_o$	$\eta(R)$	$\eta(T, R)$	$\alpha$	$\alpha \eta(T, R)$
МС Артёмовск									
XII–III	-3,7	-1	86	160	170	98	84	0,15	12,6
IV–V	12,6	11	90	83	100	95	86	0,26	22,36
VI–VII	20,6	18	76	111	180	83	63	0,38	23,94
VIII	20,8	18	73	41	70	97	71	0,14	9,94
IX	15,4	12	63	37	10	80	50	0,07	3,5
$S(T, R) = 72\%$									
МС Дебальцево									
XII–III	-4,6	-1	77	184	170	100	77	0,15	11,55
IV–V	11,8	11	97	89	100	97	94	0,26	24,44
VI–VII	19,8	18	88	123	180	88	77	0,38	29,26
VIII	20	18	95	45	70	98	83	0,14	11,62
IX	14,5	12	78	35	10	82	64	0,07	4,48
$S(T, R) = 81\%$									
МС Красноармейск									
XII–III	-3,4	-1	89	168	170	100	89	0,15	13,35
IV–V	12,4	11	92	89	100	97	89	0,26	23,14
VI–VII	20,4	18	79	117	180	87	69	0,38	26,22
VIII	20,7	18	75	41	70	97	73	0,14	10,22
IX	15,3	12	64	42	10	85	54	0,07	3,78
$S(T, R) = 77\%$									
МС Донецк									
XII–III	-3,3	-1	90	161	170	98	88	0,15	13,2
IV–V	12,4	11	92	93	100	98	90	0,26	23,4
VI–VII	20	18	85	110	180	83	71	0,38	27
VIII	20,1	18	84	41	70	97	81	0,14	11,34
IX	14,9	12	71	40	10	81	58	0,07	4,06
$S(T, R) = 79\%$									
МС Амвросиевка									
XII–III	-3,0	-1	92	171	170	100	92	0,15	13,8
IV–V	13	11	85	87	100	96	82	0,26	21,32
VI–VII	21	18	70	118	180	88	62	0,38	23,56
VIII	21,3	18	64	43	70	97	62	0,14	8,68
IX	15,9	12	54	39	10	80	43	0,07	3,01
$S(T, R) = 70\%$									
МС Волноваха									
XII–III	-2,3	-1	97	168	170	100	97	0,15	14,55
IV–V	12,5	11	91	85	100	96	87	0,26	22,62
VI–VII	20,4	18	79	115	180	85	67	0,38	25,46
VIII	20,9	18	71	37	70	95	67	0,14	9,38
IX	15,4	12	63	45	10	75	47	0,07	3,29
$S(T, R) = 75\%$									
МС Мариуполь									
XII–III	-0,5	-1	99	183	170	100	99	0,15	14,85
IV–V	13,3	11	81	85	100	96	78	0,26	20,28
VI–VII	22,6	18	43	113	180	85	37	0,38	14,06
VIII	23,4	18	31	32	70	91	28	0,14	3,92
IX	17,5	12	30	46	10	75	23	0,07	1,61
$S(T, R) = 55\%$									

Как видно по таблице 1, коэффициенты продуктивности по температуре воздуха в северных районах Луганской области в течение всего периода вегетации, исключая период апрель-май, соответствовали благоприятным условиям ( $\eta(T)=85-100\%$ ). В центральных и южных районах оценка продуктивности снизилась до удовлетворительной ( $\eta(T)=66-79\%$ ). Особенно снизилась оценка в период формирования вегетативной массы, формирования генеративных органов в центральных районах (МС Луганск). По количеству осадков во все периоды вегетации отмечены благоприятные условия ( $\eta(R)=88-100\%$ ). Совместное влияние этих факторов снижает оценку продуктивности до удовлетворительных значений. В районе МС Луганск совместный коэффициент продуктивности ( $\eta(T,R)$ ) понизился до неудовлетворительных значений в период образования вегетативных органов. В итоге суммарный коэффициент продуктивности за весь вегетационный цикл развития культуры ( $S(T,R)$ ) составил 71%, что соответствовало удовлетворительным условиям развития кукурузы в центральных районах Луганской области по погодно-климатическим факторам. Эта оценка оказалась такой низкой из-за повышенного температурного режима в течение вегетации культуры.

Также были проанализированы коэффициенты продуктивности по периодам вегетации культуры кукурузы на зерно для условий Донецкой области (табл. 2). По всем районам области в течение весенне-летнего периода температурный режим был повышенным по сравнению с оптимальной температурой  $T_0$ . В итоге коэффициент продуктивности в период формирования вегетативных и генеративных органов понижался до удовлетворительных значений, а по югу области – до неудовлетворительных. По МС Мариуполь наблюдалось снижение коэффициента продуктивности до очень неблагоприятной оценки ( $\eta(T)=30-31\%$ ).

Осадков выпало по всем периодам вегетации меньше требуемого количества ( $R_0$ ), но все же коэффициент продуктивности по осадкам ( $\eta(R)$ ) отмечался достаточно высокий. Условия были благоприятные, в отдельные периоды удовлетворительные.

Совместный коэффициент продуктивности ( $\eta(T,R)$ ) характеризует условия как благоприятные и удовлетворительные в начальные периоды развития и неблагоприятные условия по югу области в периоды образования вегетативных и генеративных органов.

Суммарные коэффициенты продуктивности от влияния температуры воздуха и количества осадков за весь вегетационный период по всем районам области соответствовали удовлетворительным условиям ( $S(T,R)=70-81\%$ ), но по югу области  $S(T,R)=55\%$ , что соответствовало неблагоприятным условиям.

Поэтому можно утверждать, что в южных районах Донецкой области для среднеспелых сортов и гибридов кукурузы на зерно условия вегетации складываются неблагоприятные. Необходимо регулировать группу спелости культуры, сроки сева и проводить другие мероприятия по адаптации культуры для выращивания в данном районе.

Мы проанализировали условия формирования продуктивности кукурузы на зерно в условиях Донбасса по последним климатическим данным и сделали вывод, что повышение температуры воздуха отрицательно сказалось на формировании урожайности культуры в разные периоды вегетационного цикла.

Нами также изучена динамика изменения совместных коэффициентов продуктивности по климатическим факторам для выращивания кукурузы на зерно в центральных районах Луганской области. Рассчитаны совместные коэффициенты продуктивности в различные климатические периоды: 1981–1958 гг., 1961–1990 гг., 1981–2016 гг. (табл. 3).

Как видно по таблице 3, отмечалась устойчивая тенденция улучшения условий в предпосевной период, так как повышается зимняя температура воздуха, приближаясь к оптимуму. Во все остальные периоды вегетации из-за повышенного температурного режима условия вегетации ухудшались быстро и в настоящее время соответствуют неудовлетворительным значениям ( $\eta(T,R)=57-62\%$ ).

В период формирования вегетативных и генеративных органов для кукурузы на зерно сложились неудовлетворительные условия вегетации по последним климатическим данным из-за повышенного температурного режима в южных районах Донецкой области и в центральных районах Луганской области. Температура воздуха наблюдалась выше оптимального уровня более, чем на  $3^\circ\text{C}$ . Совместный коэффициент продуктивности снизился до 57–58%.

Необходимо разработать систему адаптационных мероприятий по повышению продуктивности культуры – изменение сроков сева, посев засухоустойчивых сортов и гибридов, орошение, своевременное выполнение всех работ в соответствии с технологической картой, своевременное закрытие влаги, междурядные обработки для борьбы с сорняками и другие.

#### **Выводы**

1. В связи с повышенным температурным режимом в центральных районах Луганской области коэффициент продуктивности от влияния количества осадков и температуры воздуха в период формирования вегетативных органов (VI–VII) и образования генеративных органов (VIII) кукурузы снизился до удовлетворительных и неудовлетворительных значений, что отрицательно влияет на урожайность культуры. Суммарный коэффициент продуктивности за весь вегетационный цикл в

3. Динамика совместных коэффициентов продуктивности по влиянию температуры воздуха и количества осадков ( $\eta(T,R)$ ) для кукурузы на зерно (среднеспелой) в условиях центральной части Луганской области

Период	Месяц	$\eta(T, R)$ по климатическим показателям на годы, %		
		1958–1981	1961–1990	1981–2016
Предпосевной	XII–III	69	68	92
Посев–укоренение	IV–V	89	88	79
Формирование вегетативных органов	VI–VII	65	60	62
Образование генеративных органов	VIII	74	69	69
Созревание	IX	70	67	50
S(T, R) за весь период, %		73	70	70

этих районах соответствует удовлетворительным условиям вегетации.

2. В южных районах Донецкой области (МС Мариуполь) в период формирования генеративных органов кукурузы коэффициент продуктивности по температуре воздуха снизился до неудовлетворительных значений. Совместный коэффициент продуктивности от влияния температуры воздуха и осадков в периоды формирования вегетативных и генеративных органов характеризует условия как неудовлетворительные из-за повышенного температурного режима.

3. Суммарный коэффициент продуктивности по климатическим факторам для кукурузы на зерно по всем агроклиматическим районам Донецкой области характеризует условия как удовлетворительные, а по югу области – неудовлетворительные ( $S(T, R) = 55\%$ ).

4. По динамике изменения совместных коэффициентов продуктивности в разные периоды вегетационного цикла в центральных районах Луганской области наблюдается снижение оценки продуктивности культуры до неудовлетворительных значений в период формирования вегетативных органов и созревания (50–62%). В период формирования генеративных органов кукурузы агроклиматическая оценка продуктивности снизилась до 69%, что соответствовало удовлетворительным условиям.

5. В связи со снижением качества агроклиматической оценки продуктивности культуры кукурузы на зерно в условиях Донбасса до недо-

удовлетворительных значений в отдельных районах необходима разработка и внедрение в производство системы адаптационных мероприятий по снижению интенсивности негативного воздействия погодноклиматических условий – регулирование сроков сева культуры с учетом погодных факторов (более ранний срок), соблюдение сроков проведения технологических работ в поле по технологической карте; борьба с сорняками, болезнями и вредителями; регулирование группы спелости культуры, развитие капельного орошения, сев засухоустойчивых сортов и гибридов и другие.

### Литература

1. Попытченко Л.М. Эффективность использования биоклиматических ресурсов культурами в Донбассе / Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов. Ч.1 / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. СПб., 2018. С. 50–54.
2. Попытченко Л.М. Тенденция изменения агроклиматических условий для выращивания озимой пшеницы в Луганской области // Сучасні екологічні проблеми та їх вирішення: матер. III Міжнар. наук.-практич. конф. (Луганський інститут МАУП, 19 грудня 2012 р.). Луганськ: Віртуальна реальність, 2013. С. 48–52.
3. Сиротенко О.Д., Грингоф И.Г. Оценка влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2006. № 8. С. 92–101.
4. Агроклиматический справочник по Луганской области. Л.: Гидрометеиздат, 1958. 96 с.
5. Агрокліматичний довідник по Луганській області. (1986–2005 рр.). Луганськ: Вид. ТОВ «Віртуальна реальність», 2011. 216 с.
6. Кліматологічні стандартні норми (1961–1990) / за ред. Бабіченко В.М. Київ: УкрНДГМІ, 2002.
7. Божко Л.Ю. Збірник методичних вказівок з дисципліни «Довгострокові агрометеорологічні прогнози». Одеса: ОДЕКУ, 2003. 81 с.
8. Дмитренко В.П. Методическое пособие по анализу и оценке агрометеорологических условий выращивания зерновых культур в отдельном районе. Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 20–30.