

УДК 631.84:633.15:632.11(470.63)

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОЗ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА КУКУРУЗЕ

© 2020 г. В. Н. Багринцева^{1,*}, И. Н. Ивашененко¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы
357528 Пятигорск, ул. Ермолова, 146, Россия*

**E-mail: maize-techno@mail.ru*

Поступила в редакцию 22.02.2019 г.

После доработки 22.03.2019 г.

Принята к публикации 10.11.2019 г.

В полевом опыте на черноземе обыкновенном зоны достаточного увлажнения Ставропольского края изучено влияние разных доз азотного удобрения (N30–120) на урожайность зерна раннеспелого гибрида кукурузы Машук 185 МВ. Установлена линейная корреляционная зависимость между количеством осадков и величиной ГТК в июне–августе и прибавками урожая зерна кукурузы от азотного удобрения. Выявлено, что зависимость роста урожайности от удобрения определялась не только количеством осадков, но и дозой азота. Коэффициенты корреляции между количеством осадков в июне, июле, периоды июнь–июль, июнь–август и прибавками урожая зерна составляли: при внесении дозы N30 – от 0.67 до 0.79, N60 – 0.73–0.82, N90 – 0.78–0.92, N120 – 0.87–0.90. Осадки, выпавшие в июле, имели решающее значение для получения наибольшей прибавки урожая зерна при внесении доз азота N60–120 ($r = 0.78–0.90$). На действие дозы удобрения N30 осадки в июне и июле оказали среднее влияние ($r = 0.67$). Сильная линейная корреляционная зависимость между показателями ГТК в июле, июне–июле, июне–августе и величиной прибавки урожая зерна отмечена при внесении N90 ($r = 0.89, 0.71, 0.90$) и N120 ($r = 0.85, 0.72, 0.87$) соответственно.

Ключевые слова: азотные удобрения, кукуруза, осадки, ГТК, прибавки урожая.

DOI: 10.31857/S0002188120020039

ВВЕДЕНИЕ

Основным элементом питания, лимитирующим урожайность кукурузы на всех типах почв, является азот [1–3]. Значение азота в питании кукурузы столь велико, что внесение одного азота под предпосевную культивацию оказывает равнозначное влияние на урожайность кукурузы, как и внесение комплексных удобрений [4–6]. Прибавки урожая зерна кукурузы от азотного удобрения зависят от дозы [7–12].

Урожайность зерна кукурузы находится в сильной зависимости от погодных условий в летние месяцы [13–15]. Водный и температурный режимы во время выметывания и цветения метелки, а также в налив зерна влияют на формирование початков кукурузы. Высокие дневные температуры воздуха при низкой влажности снижают жизнеспособность пыльцы и нарушают процесс опыления женских цветков в початке, вызывают в них череззерницу и бесплодие растений [16, 17].

Эффективность азотных удобрений на кукурузе также в значительной степени зависит от погодных условий вегетации, в благоприятные по увлажнению годы прибавки урожая зерна в несколько раз больше, чем в засушливые [18–20].

Зависимость эффективности азотных удобрений на кукурузе от доз и погодных условий отмечают и зарубежные исследователи [21–24].

В наших предыдущих работах по изучению влияния доз азотного удобрения на урожайность кукурузы показано, что эффект от их внесения по годам различался [11, 12].

Цель работы – изучить корреляционную зависимость прибавок урожая зерна, полученных при внесении возрастающих доз азотного удобрения, от погодных условий во время вегетации кукурузы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2015–2017 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым.

Изучали эффективность доз азотного удобрения: N0, N30, N60, N90, N120. Использовали аммиачную селитру, которую вносили весной под первую культивацию. Во всех вариантах опыта фоном весной внесли фосфорные удобрения P30.

Таблица 1. Погодные условия за период вегетации кукурузы

Месяц	Осадки, мм				Температура, °С				ГТК			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Май	105	93.0	218	79.4	15.3	17.9	13.8	14.6	2.21	1.67	5.09	1.75
Июнь	104	136	61.0	87.1	19.5	22.8	18.8	18.2	1.78	1.99	1.08	1.60
Июль	2.5	46.5	26.0	70.4	21.3	25.8	23.2	20.8	0.04	0.58	0.36	1.09
Август	13.8	0	55.0	58.7	20.0	27.3	22.4	20.4	0.22	0	0.79	0.93
Сентябрь	60.1	11.3	8.1	48.0	15.6	18.6	17.5	15.5	1.28	0.20	0.15	1.03
Май–сентябрь	285	287	368	394	2807*	3443*	2930*	2741*	1.02	0.83	1.26	1.44

Примечание. В графе 1 – 2015 г., 2 – 2016 г., 3 – 2017 г., 4 – среднее многолетнее. *Сумма температур.

Опыт заложен в четырехкратной повторности, общая площадь делянки 19.6 м², учетная – 9.8 м².

Предшественник кукурузы – озимая пшеница, высеваемая после сои. Обработка почвы отвальная (вспашка осенью). Выращивали ранне-спелый гибрид кукурузы Машук 185 МВ. Сев проводили в оптимальные сроки в 2015 г. – 24 апреля, 2016 г. – 21 апреля, 2017 г. – 19 апреля с повышенной нормой посева. В фазе 2–3-х листьев формировали оптимальную для гибрида густоту стояния растений (80 тыс. шт./га). Для защиты от сорных растений посева кукурузы в фазе 3-го листа обрабатывали гербицидом аденго (0.5 л/га).

Содержание элементов питания в почве определяли после внесения удобрений, когда кукуруза находилась в фазе 5-ти листьев. В среднем за 2015–2017 гг. в слое 0–20 см почвы содержание подвижного фосфора составило 16 мг/кг (по Мачигину), обменного калия – 285 мг/кг (по Мачигину), что соответствовало средней обеспеченности этими макроэлементами. Внесение аммиачной селитры повысило содержание нитратного азота в почве и составило в зависимости от доз азотного удобрения: N0 – 16.4, N30 – 24.9, N60 – 31.0, N90 – 34.4 и N120 – 41.0 мг/кг. В вариантах N0–30 обеспеченность почвы азотом была низкой, N60–120 – средней.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли по [25].

Метеорологические условия в годы проведения опыта были различными (табл. 1). Погодные условия 2015 г. были неблагоприятными для кукурузы. За май–сентябрь выпало 285 мм осадков, дефицит составил 59 мм. Количество осадков, выпавших в мае и июне, превысило средние многолетние показатели соответственно на 26.6 и 16.6 мм. В дальнейшем наблюдался и засушливый период, который совпал с фазой цветения и налива зерна. В июле выпало 2.5 мм осадков, что на 7.9 мм меньше среднемноголетнего количества. В августе осадков тоже было мало, меньше нормы на 44.9 мм.

В 2016 г. условия увлажнения были более благоприятными для кукурузы. За вегетационный период (май–сентябрь) осадков, как и в 2015 г., вы-

пало мало (287 мм), что на 107 мм меньше нормы. В мае и июне количество выпавших осадков превысило многолетние показатели на 13.6 и 49.3 мм соответственно. В июле осадков выпало меньше среднего многолетнего количества, но значительно больше по сравнению с 2015 г., что создало лучшие условия для опыления початков кукурузы и формирования урожая зерна.

В 2017 г. за вегетацию кукурузы выпало 368 мм осадков, на 26 мм больше среднего многолетнего количества. Однако условия увлажнения были менее благоприятными по сравнению с 2016 г., но лучше, чем в 2015 г. В мае осадков выпало на 139 мм (в 2.7 раза) больше среднего многолетнего. В июне наблюдали дефицит осадков, за месяц их выпало меньше нормы на 26.1 мм или на 30%. В этом году недостаток осадков отмечен также и в последующие месяцы. В июле их выпало меньше среднего многолетнего на 44.4 мм, в августе – на 3.7 мм, сентябре – на 39.9 мм. Дефицит осадков в июле составил 63, в августе – 7, в сентябре – 83%. Условия увлажнения в мае и июне были благоприятными для роста растений и накопления вегетативной массы кукурузы. Засуха в июле негативно отразилась на опылении початков и формировании зерен, вследствие чего был получен низкий урожай зерна кукурузы.

Температура воздуха в июне и июле во все годы проведения опытов была выше средней многолетней.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в период вегетации кукурузы оказывали сильное влияние на урожайность зерна и прибавки от удобрения. В 2015 г., который был относительно благоприятным для кукурузы, максимальный урожай зерна составил 7.91, в наиболее благоприятном 2016 г. – 8.90, в засушливом 2017 г. – 5.71 т/га (табл. 2).

Азотные удобрения во все годы исследования обеспечивали рост урожайности зерна кукурузы, однако на эффективность доз сильное влияние оказывали погодные условия. В зависимости от

Таблица 2. Влияние доз азотного удобрения на урожайность зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ (при влажности зерна 14%)

Доза азота	2015 г.			2016 г.			2017 г.			В среднем		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N0	7.29	—	—	5.73	—	—	4.90	—	—	5.97	—	—
N30	7.91	0.62	8.5	7.89	2.16	37.7	5.48	0.58	11.8	7.09	1.1	18.8
N60	7.48	0.19	2.6	8.10	2.37	41.4	5.68	0.78	13.7	7.09	1.1	18.8
N90	6.74	−0.55	−7.5	8.90	3.17	55.3	5.71	0.81	16.5	7.12	1.2	19.3
N120	6.77	−0.52	−7.1	8.62	2.89	50.4	5.44	0.54	11.0	6.94	1.0	16.2
$HCP_{0.5}$, т/га		0.17			0.90			0.28			1.4	
Ошибка, %		0.75			3.8			1.7			6.5	

Примечание. В графе 1 — урожайность (т/га), 2 — прибавка (т/га), 3 — прибавка (%).

внесенных доз урожайность зерна повышалась в 2015 г. на 0.19–0.62, в 2016 г. — на 2.16–3.17 и в 2017 г. — на 0.54–0.81 т/га.

Как было показано ранее, в 2015 г. наблюдали острый недостаток влаги в июле, в критический период развития кукурузы (VIII–X этапы органогенеза). Во время выметывания и цветения метелки кукурузы, а также формирования зерновки дефицит осадков составил 96% по отношению к среднему многолетнему количеству. В этот год наибольшая прибавка урожая зерна получена при внесении дозы N30. Более высокие дозы азота оказывали на урожайность зерна отрицательное действие и вызывали ее снижение. При внесении азота в дозах N90–120 урожайность кукурузы была меньше неудобренного контроля.

В другие годы исследования наибольшие прибавки урожая получены при внесении дозы N90. В 2016 г. существенный рост урожайности зерна наблюдали при увеличении дозы азота до N90, доза N120 не обеспечивала дальнейшего повышения урожайности, несмотря на достаточно благоприятные условия увлажнения во время цветения кукурузы. В 2017 г. существенными были прибавки урожая от доз N60 и N90, при этом между величинами урожайности, полученными при внесении этих доз, не было существенной разницы.

Для выявления воздействия погодных показателей на величину прибавок урожая зерна кукурузы от внесения азотного удобрения в различных дозах проведен корреляционный анализ.

Установлена линейная корреляционная зависимость между осадками за июнь (средняя), а также июль (сильная) и прибавками урожая зерна кукурузы от азотного удобрения в целом для всех доз (табл. 3).

В эти месяцы отмечен интенсивный рост растений, выметывание и цветение метелки (мужского соцветия), цветение и опыление початков (женского соцветия) и образование зерен. Влияние всех изученных доз удобрения на урожай-

ность кукурузы в наибольшей степени зависело от осадков, выпавших в июле ($r = 0.91$).

Осадки только за август, когда происходил налив зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ, не оказали существенного влияния на повышение

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа зависимости прибавок урожая зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ при внесении азотного удобрения от осадков и ГТК (2015–2017 гг.)

Корреляционная зависимость	r	S_r	t_r факт
Осадки июнь — прибавка урожая зерна	0.61	0.25	2.44
Осадки июль — прибавка урожая зерна	0.91	0.13	6.92
Осадки август — прибавка урожая зерна	−0.45	0.28	−1.62
Осадки июнь–июль — прибавка урожая зерна	0.85	0.17	5.12
Осадки июнь–август — прибавка урожая зерна	0.95	0.10	9.37
Осадки май–август — прибавка урожая зерна	0.12	0.31	0.38
ГТК июнь — прибавка урожая зерна	0.44	0.28	1.54
ГТК июль — прибавка урожая зерна	0.89	0.14	6.14
ГТК август — прибавка урожая зерна	−0.48	0.28	−1.73
ГТК июнь–июль — прибавка урожая зерна	0.79	0.19	4.04
ГТК июнь–август — прибавка урожая зерна	0.91	0.13	6.76
ГТК май–август — прибавка урожая зерна	−0.27	0.30	−0.89

Примечания. 1 — для всех доз удобрения, 2 — $t_{0.05} = 2.20$.

Таблица 4. Результаты корреляционного анализа зависимости прибавок урожая зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ при внесении различных доз азотного удобрения от осадков и ГТК (2015–2017 гг.)

Корреляционная зависимость	r	s_r	t_r факт
N30			
Осадки июнь – прибавки урожая зерна	0.67	0.23	2.88
Осадки июль – прибавки урожая зерна	0.67	0.23	2.85
Осадки август – прибавки урожая зерна	–0.58	0.26	–2.21
Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.79	0.19	4.12
Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	0.75	0.21	3.58
ГТК июнь – прибавки урожая зерна	0.56	0.26	2.14
ГТК июль – прибавки урожая зерна	0.64	0.24	2.62
ГТК август – прибавки урожая зерна	–0.59	0.26	–2.31
ГТК июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.77	0.20	3.80
ГТК июнь–август – прибавки урожая зерна	0.66	0.24	2.81
N60			
Осадки июнь – прибавки урожая зерна	0.53	0.27	1.96
Осадки июль – прибавки урожая зерна	0.78	0.20	3.97
Осадки август – прибавки урожая зерна	–0.39	0.29	–1.35
Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.73	0.22	3.41
Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	0.82	0.18	4.45
ГТК июнь – прибавки урожая зерна	0.24	0.31	0.78
ГТК июль – прибавки урожая зерна	0.53	0.27	1.97
ГТК август – прибавки урожая зерна	–0.27	0.30	–0.87
ГТК июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.45	0.28	1.60
ГТК июнь–август – прибавки урожая зерна	0.54	0.27	2.02
N90			
Осадки июнь – прибавки урожая зерна	0.52	0.27	1.91
Осадки июль – прибавки урожая зерна	0.90	0.14	6.69
Осадки август – прибавки урожая зерна	–0.36	0.30	–1.20
Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.78	0.20	3.92
Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	0.92	0.12	7.46
ГТК июнь – прибавки урожая зерна	0.34	0.30	1.13
ГТК июль – прибавки урожая зерна	0.89	0.14	6.18
ГТК август – прибавки урожая зерна	–0.38	0.29	–1.30
ГТК июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.71	0.22	3.15
ГТК июнь–август – прибавки урожая зерна	0.90	0.14	6.59
N120			
Осадки июнь – прибавки урожая зерна	0.55	0.26	2.08
Осадки июль – прибавки урожая зерна	0.87	0.16	5.56
Осадки август – прибавки урожая зерна	–0.40	0.29	–1.37
Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.79	0.20	4.04
Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	0.90	0.14	6.43
ГТК июнь – прибавки урожая зерна	0.38	0.29	1.30
ГТК июль – прибавки урожая зерна	0.85	0.17	5.14
ГТК август – прибавки урожая зерна	–0.42	0.29	–1.47
ГТК июнь–июль – прибавки урожая зерна	0.72	0.22	3.31
ГТК июнь–август – прибавки урожая зерна	0.87	0.16	5.48

Примечание. $t_{0,05} = 2.20$.

Таблица 5. Регрессионный анализ зависимости прибавок урожая зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ (Y) при внесении различных доз азотного удобрения от количества осадков в период вегетации (X) (2015–2017 гг.)

Вариант	Корреляционная связь	Уравнение регрессии	$t_{r \text{ факт}}$
N30	Осадки июнь – прибавки урожая зерна	$Y = -0.88 + 0.02X$	8.29
	Осадки июль – прибавки урожая зерна	$Y = 0.27 + 0.03X$	8.13
	Осадки август – прибавки урожая зерна	$Y = 1.63 + (-0.02)X$	4.88
	Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	$Y = -1.08 + 0.02X$	16.98
	Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	$Y = -2.80 + 0.03X$	12.80
N60	Осадки июнь – прибавки урожая зерна	$Y = -0.82 + 0.02X$	3.85
	Осадки июль – прибавки урожая зерна	$Y = -0.12 + 0.05X$	15.73
	Осадки август – прибавки урожая зерна	$Y = 1.55 + (-0.02)X$	1.83
	Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	$Y = -1.40 + 0.02X$	11.63
	Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	$Y = -4.15 + 0.04X$	19.79
N90	Осадки июнь – прибавки урожая зерна	$Y = -1.66 + 0.03X$	3.64
	Осадки июль – прибавки урожая зерна	$Y = -0.96 + 0.08X$	44.74
	Осадки август – прибавки урожая зерна	$Y = 1.72 + (-0.03)X$	1.45
	Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	$Y = -2.80 + 0.03X$	15.35
	Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	$Y = -7.65 + 0.06X$	55.70
N120	Осадки июнь – прибавки урожая зерна	$Y = -1.87 + 0.03X$	4.31
	Осадки июль – прибавки урожая зерна	$Y = -0.95 + 0.08X$	30.88
	Осадки август – прибавки урожая зерна	$Y = 1.59 + (-0.03)X$	1.88
	Осадки июнь–июль – прибавки урожая зерна	$Y = -2.82 + 0.03X$	16.29
	Осадки июнь–август – прибавки урожая зерна	$Y = -7.17 + 0.05X$	41.33

Примечание. $t_{0.05} = 8.80$.

урожайности, об этом свидетельствовал критерий существенности фактический ($t_{r \text{ факт}}$), который был меньше критерия существенности теоретического ($t_{0.05}$). Однако отмечена сильная зависимость прибавок урожая от осадков за периоды июнь–июль и июнь–август, которая подтверждена коэффициентами, равными 0.85 и 0.95.

Гидротермический коэффициент, как и осадки, также оказывал большое влияние на прибавки урожая зерна, зависимость величины прибавок была наиболее сильной от ГТК в июле ($r = 0.89$) и за период июнь–август ($r = 0.91$). Между величинами ГТК за июнь–июль и прибавок урожая зерна также отмечена сильная прямая корреляционная зависимость при коэффициенте корреляции равном 0.79.

Доля влияния осадков за июль на прибавки урожая зерна гибрида Машук 185 МВ, полученные от всех изученных доз удобрения в целом, составила 83, за июнь–август – 90%, что на 4 и 7% больше доли влияния ГТК.

Проведенный корреляционный анализ подтвердил значение осадков для проявления высо-

кой эффективности азотного удобрения, внесенного под кукурузу.

Большое практическое значение имеет выявление зависимости эффективности конкретных доз азота от осадков, выпадавших в разные периоды вегетации кукурузы. Для решения этой задачи провели корреляционный анализ для каждой дозы азота (табл. 4).

Установлено, что рост урожайности от азотного удобрения определялся не только количеством осадков, но и дозой азота. Например, коэффициенты корреляции между количеством осадков в разные периоды вегетации и прибавками урожая зерна составляли: при внесении дозы N30 – от 0.67 до 0.79, N60 – 0.73–0.82, N90 – 0.78–0.92, N120 – 0.87–0.90. Осадки, выпадавшие в июле, имели решающее значение для получения наибольшей прибавки урожая зерна при внесении доз азота N60–120 ($r = 0.78$ –0.90). Установлена сильная зависимость размеров прибавок урожая при применении удобрения в этих же дозах от суммы осадков за июнь–август ($r = 0.82$ –0.92).

Исключением был вариант опыта с дозой N30. При внесении N30 корреляционная зависимость

прибавок урожая зерна от осадков была значительно слабее. Осадки, выпадавшие в июне и июле, оказали среднее влияние на действие дозы N30 ($r = 0.67$). Коэффициент корреляции между количеством осадков за июнь–июль ($r = 0.79$) и прибавками урожая был также меньше при внесении N30.

Как показали коэффициенты корреляции, эффективность низкой дозы азота N30 зависела от условий увлажнения в меньшей степени по сравнению с более высокими дозами азота.

Доля участия осадков за июль, июнь–июль и июль–август в прибавке урожая зерна гибрида кукурузы Машук 185 МВ составляла в зависимости от дозы азота 45–85%, причем с увеличением дозы азота доля его влияния возрастала.

Величина прибавок урожая зерна кукурузы также зависела от гидротермического коэффициента, но в меньшей степени, чем от осадков. Доля влияния ГТК за периоды июль, июнь–июль и июль–август на прибавку в зависимости от доз азота составила 41–81%.

Сильная линейная корреляционная зависимость между показателями ГТК в июле, за июнь–июль, июль–август и величиной прибавки урожая зерна отмечена при внесении N90 ($r = 0.89, 0.71, 0.90$) и N120 ($r = 0.85, 0.72, 0.87$). Прибавки урожая от дозы N30 определялись гидротермическим коэффициентом за период июль–июль ($r = 0.77$). Гидротермический коэффициент в августе не оказывал существенное влияние на прибавки урожая от доз азотного удобрения, т.к. коэффициенты корреляции были не существенными, $t_{r \text{ факт}} < t_{0.05}$.

Результаты корреляционного анализа показали, что низкая доза азота N30 была эффективной при любом количестве осадков за период июль–август и в меньшей степени зависела от уровня влагообеспеченности по сравнению с высокими дозами N90–120.

С целью прогнозирования эффективности доз азотного удобрения на кукурузе проведен регрессионный анализ и выведены уравнения регрессии (табл. 5).

Установлено, что при внесении дозы N30 достоверными были уравнения регрессии, отражающие взаимосвязь прибавок урожая зерна от осадков за июль–июль и июль–август. Только для этих уравнений взаимосвязь была существенной, $t_{r \text{ факт}} < t_{0.05}$. При внесении под кукурузу азота в больших дозах (от N60 до N120) существенными были зависимости прибавок урожая от осадков, выпавших в июле, а также от сумм осадков за периоды июль–июль и июль–август. При применении под кукурузу азотного удобрения во всех изученных дозах данных количества осадков за июль было не достаточно для прогнозирования возможных прибавок урожая зерна.

Полученные уравнения регрессии позволяют на основании данных количества выпавших осадков рассчитать возможную прибавку урожая зерна от внесенной дозы азотного удобрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зоне достаточного увлажнения Ставропольского края влагообеспеченность периода вегетации кукурузы с июня по август оказывает сильное влияние на величину прибавки урожая зерна от азотного удобрения. Выявлена линейная корреляционная зависимость размеров прибавок от осадков и показателя ГТК. Прибавка урожая зерна кукурузы зависела главным образом от количества осадков в июле. Отмечена сильная зависимость прибавок урожая также от показателя ГТК июля и периода июль–август.

Степень влияния осадков и гидротермического коэффициента на рост урожайности зерна зависела от внесенных доз азота. Коэффициент корреляционной зависимости эффективности азотных удобрений от количества осадков и ГТК возрастал с увеличением дозы азота. Осадки, выпавшие в июле, имели решающее значение для получения наибольшей прибавки урожая зерна при внесении доз азота N60–120 ($r = 0.78–0.90$). На действие дозы удобрения N30 осадки в июне и июле оказали среднее влияние ($r = 0.67$). Эффективность низкой дозы азотного удобрения N30 в меньшей степени зависела от условий увлажнения по сравнению с высокими дозами N90–120.

Полученные уравнения регрессии позволяют по количеству осадков, выпавших июне–августе, рассчитывать возможные прибавки урожая зерна при применении различных доз азотного удобрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов Е.В., Батаков А.А. Применение удобрений под гибриды разного срока созревания // Кукуруза и сорго. 2000. № 3. С. 6–7.
2. Агеев В.В., Подколзин А.И. Система удобрения в севооборотах Юга России. Ставрополь: СтавропольГСХА, 2001. С. 191–201.
3. Толорая Т.Р., Лавренчук Н.Ф., Чумак М.В., Малаканова В.П. Кукуруза. Агротехнические основы возделывания на черноземах Западного Предкавказья. Краснодар, 2003. С. 70–91.
4. Шелганов И.И., Воронин А.Н. Особенности минерального питания кукурузы // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 10–11.
5. Багринцева В.Н., Сухоярская Г.Н. Эффективность аммиачной селитры, аммофоса и нитроаммофоски при возделывании кукурузы // Пробл. агрохим. и экол. 2008. № 4. С. 24–26.

6. Багринцева В.Н., Букарев В.В., Никитин С.В., Иващенко И.Н., Черкасова М.А. Эффективность применения под кукурузу аммиачной селитры, аммофоса и нитроаммофоски в Ставропольском крае // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 27–31.
7. Бзиков М.А., Мисик Н.А., Бестаев В.В., Мамиев Д.М., Доева Л.Ю., Шалыгина А.А. Эффективность минеральных удобрений на посевах кукурузы в предгорьях Северной Осетии // Кукуруза и сорго. 2007. № 2. С. 8–10.
8. Таран Д.А., Вакуленко И.Н., Ломовский Д.В. Аммиачная селитра и гумат калия в повышении продуктивности гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2011. № 2. С. 3–8.
9. Таран Д.А. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от припосевного внесения и подкормки азотом и гуматом калия на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2013. 24 с.
10. Воронин А.Н., Соловichenko В.Д., Навольнева Е.В., Дмитриенко С.А. Влияние агротехнических факторов на плодородие почвы и урожайность кукурузы на зерно // Кукуруза и сорго. 2015. № 1. С. 9–14.
11. Багринцева В.Н., Иващенко И.Н. Эффективность азотного удобрения на гибридах кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // Агрохимия. 2018. № 1. С. 72–76.
12. Багринцева В.Н., Иващенко И.Н. Влияние доз азотного удобрения на урожайность гибридов кукурузы (*Zea mays* L.) // Пробл. агрохим. и экол. 2018. № 1. С. 13–18.
13. Багринцева В.Н. Число зерен в початках кукурузы в зависимости от погодных условий и агротехники // Рос. сел.-хоз. наука. 2015. № 3. С. 10–12.
14. Багринцева В.Н. Владо- и теплообеспеченность периода вегетации кукурузы и ее урожайность в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2016. № 1. С. 35–37.
15. Власов П.Н. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях лесостепи Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2016. 24 с.
16. Куперман Ф.М. Ботаническое описание кукурузы (*Zea mays* L.) // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. V. Физиология кукурузы и риса / Отв. ред. Рубин Б.А. М.: Изд-во МГУ, 1969. С. 8–37.
17. Володарский Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы. М.: Колос, 1975. 253 с.
18. Кошен Б.Н. Сортовая агротехника кукурузы в борьбе с засухой // Кукуруза и сорго. 2001. № 6. С. 5–6.
19. Таран Д.А., Ласкин Р.В., Супрунов А.И. Влияние приемов ухода за посевами и погодных условий на производство зерна кукурузы // 2-я Международ. научн.-практ. конф. “Молодые ученые в решении актуальных проблем науки”. Владикавказ, 2011. Ч. 1. С. 498–500.
20. Стулин А.Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области // Кукуруза и сорго. 2012. № 1. С. 19–24.
21. Hollinger S.E., Hoefl R.G. Influence of weather on year-to-year yield response of corn to ammonia fertilization // Agron. J. 1986. V. 78. P. 818–823.
22. Ma B.L., Dwyer Lianne M., Gregorich Edward G. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize // Agron. J. 1999. V. 91. № 4. P. 650–656.
23. Sharifi R.S., Taghizadeh R. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer // J. Food Agricult. Environ. 2009. V. 7. № 3–4. P. 518–521.
24. Tremblay N., Bouroubi Yacine M., Bélec C. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather // Soil Fertil. Crop Nutr. 2012. V. 104. P. 1658–1671.
25. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

Influence of Weather Conditions in the Stavropol Territory in Efficiency of Doses of Nitrogen Fertilizer on Corn

V. N. Bagrintseva^{a,*} and I. N. Ivashenenko^a

^aAll-Russian Research Scientific Institute of Corn
ul. Ermolova 14b, Pyatigorsk 357528, Russia

^{*}E-mail: maize-techno@mail.ru

In the field experiment on the ordinary black soil of a sufficient moistening zone of Stavropol region, the effect of different doses of nitrogen fertilizers (N30–120) on the grain yield of the early-maturing corn hybrid Mashuk 185 MV was studied. A linear correlation was established between precipitation and hydrothermic coefficient in June–August and yield increase of corn grain from nitrogen fertilizers. It was revealed that the dependence of yield growth from fertilizers is determined not only by precipitations amount, but also by the nitrogen dose. Thus, the correlation coefficients between precipitations in June, July, the periods June–July, June–August and grain yield increase were: while applying the dose of N30 from 0.67 to 0.79, N60 – 0.73–0.82, N90 – 0.78–0.92, N120 – 0.87–0.90. Precipitations in July were crucial for obtaining the greatest increase in grain yield when following nitrogen doses N60–120 was applied ($r = 0.78–0.90$). Precipitations in June and July had an average effect ($r = 0.67$) when dose of fertilizer N30 was applied. A strong linear correlation between hydrothermic coefficient in June, July, the periods June–July, June–August and grain yield increase was observed when applying doses N90 ($r = 0.89, 0.71, 0.90$) and N120 ($r = 0.85, 0.72, 0.87$).

Key words: nitrogen fertilizers, corn, precipitations, hydrothermic coefficient, yield increase.