

АГРОХИМИЯ

УДК 541.49:581.1

DOI 10.26456/vtchem2020.3.15

ХИМИЧЕСКАЯ РОСТОСТИМУЛЯЦИЯ РАСТЕНИЙ И РЕАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

З.И. Усанова¹, М.Н. Павлов¹, Н.С. Черникова¹, В.М. Никольский²

¹ ФГБОУ ВО Тверская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тверь

² ФГБОУ ВО Тверской государственный университет, г. Тверь

Научно обоснованные выводы об эффективности применения комплексонов и комплексонатов металлов в качестве ростостимуляторов на картофеле могут быть получены при условии использования наиболее приспособленных сортов к агроклиматическим условиям Верхневолжья. В работе представлены результаты изучения реакции двенадцати современных сортов отечественной и зарубежной селекции картофеля на изменение условий возделывания в 2017 – 2019 годах.

Ключевые слова: картофель, ростостимуляторы, комплексоны, программируемая урожайность, агроклиматическая обеспеченность.

В процессе разработки экологически безопасных методов повышения урожайности растений установлено, что хелатные соединения являются эффективными ростостимуляторами [1-3].

Растения картофеля отличаются значительной интенсивностью транспирации. В связи с этим, применение комплексонатов цинка и магния при недостаточном водоснабжении положительно влияет на протекание процесса фотосинтеза, поскольку способствует сокращению потребления воды на транспирацию не путем закрывания устьиц, а через увеличение водоудерживающих сил протоплазмы [4].

Эффективность ростостимуляции растений как комплексонами, так и их комплексами с биоактивными металлами подтверждена и патентами на изобретения [5-9].

Однако эксперименты по применению хелатных ростостимуляторов на отдельных классах растений до настоящего времени не носили системного характера. С целью получения научно-обоснованных системных результатов применения этих соединений нами поставлена задача на примере картофеля установить наиболее приспособленные сорта к агроклиматическим условиям Верхневолжья, обладающие высоким генетическим потенциалом. В 2020 г.

опубликованы первые результаты формирования запрограммированных урожаев четырех сортов картофеля [10]. Результаты исследования показали, что для достижения оптимального результата при программировании урожая нужно учитывать не только климатические условия региона, но и осуществлять научно обоснованный подбор эффективных удобрений.

Статистические обзоры свидетельствуют, что среднемировая урожайность картофеля оценивается в 20,1 т/га, тогда как в РФ этот показатель не превышает 15,7 т/га [11].

Опыт возделывания картофеля показывает, что грамотная селекционная работа позволяет за счет реализации генетического потенциала растений увеличить урожайность не менее чем на 30% [12-14]. А правильное использование удобрений на картофеле обеспечивает повышение урожая еще на 50% [15].

Материалы и методы

В настоящее время на территории Российской Федерации наиболее востребованы сорта зарубежной селекции [16, 17]. Чтобы снизить зависимость производства картофеля от импорта иностранных сортов, требуется создание новых отечественных сортов и изучение возможностей их генетического потенциала в разных экологических условиях [18].

Исследования проводили в 2017-2019 гг. на дерново-подзолистой почве в севообороте ИП Глава КФХ «Анкинович» Калининского района Тверской области. Почва хорошо окультурена, с высоким содержанием легкогидролизуемого азота, P_2O_5 и K_2O , гумуса (2,5% по Тюрину), близкая к нейтральной ($pH_{\text{сол.}}$ 6,49 ед.).

В полевом опыте изучали современные сорта отечественной и зарубежной селекции разных групп спелости (от «01» до «07»): 1. Коломба, ультраранний, 01 (Нидерланды). 2. Винета, раннеспелый, 03 (Германия), Контроль. 3. Любава, раннеспелый, 03 (ВНИИКХ, Россия). 4. Бурен, раннеспелый, 03 (Ирландия). 5 и 6. Гала и Вализа, среднеранние, 04 (Norika, Германия). 7. Скарб, среднеспелый, 05 (Беларусь). 8. Северное сияние, среднеспелый, 05 (ВНИИКХ, ООО «Редкинская АПК», ООО «Суздальагропром», Россия). 9. Аметист, среднеспелый, 05 (ВНИИКХ, ООО «Редкинская АПК», Россия). 10. Никулинский, среднепоздний, 06 (ВНИИКХ, Россия). 11. Ласунак, позднеспелый, 07 (Беларусь). 12. Киви, позднеспелый, 06 (Россия). Площадь учетной делянки 18,0 м², повторность – четырехкратная.

Исследования выполняли по устоявшимся современным методикам [19]. Расчёт программируемой урожайности (ПРУ) и показателей климатической обеспеченности проводили по методикам – М.К. Каюмова, 1989 [20], В.Д. Мухи с сотр., 1994 [21], дисперсионный и

корреляционный анализы сделаны по методике Б.А. Доспехова, 1985 [21] с применением программы Straz. В опыте соблюдали экологически безопасную технологию возделывания картофеля, согласно Государственному регистру (1999 г.). Удобрения вносили из расчета 30 т/га, на запрограммированный урожай, рассчитанный по биогидротермическому (биоклиматическому) потенциалу продуктивности (БКП) [19,20]. Дозы удобрений определяли балансовым способом, которые составили $N_{45}P_{23}R_{35}$, вносили их в виде хлористого калия, гранулированного суперфосфата и аммиачной селитры. Технологические операции при возделывании картофеля выполняли с помощью современных машин (Grimme, Amazone, Колнаг и др.), применяемых при технологии возделывания с междурядьями 90 см. На посадку использовали хорошо подготовленные клубни семенной фракции (50-80 г), прозелененные, прогретые и пророщенные, обработанные инсектофунгицидом «Престиж». Посадку проводили в предварительно нарезанные гребни, вручную по схеме 90×28 см, густота стояния – 40 тыс. растений на гектаре. В системе ухода за посевами пестициды не применялись.

Результаты исследований

Агроклиматическая обеспеченность урожайности картофеля различалась в годы исследований. Суммарное водопотребление (W) составило по годам: 2017 – 492 мм, 2018 – 409 мм, 2019 – 427 мм при среднемноголетней норме 450 мм продуктивной влаги, соответственно радиационный баланс (R) – 108,46; 120,52 и 114,54 кДж/см² при норме 113,76 кДж/см²; сумма температур выше 10°C ($\Sigma t > 10^\circ C$) – 1545,1; 1766,4 и 1656,6°C при норме 1642,4°C, сумма осадков (ΣOc) – 292 мм, 224 мм и 244 мм при норме 250 мм; коэффициент увлажнения ($K_{увл.}$) – 1,11; 0,82 и 0,92 при норме 0,97 ед. Все показатели представлены за вегетационный период «посадка-уборка» картофеля, равный 102 дням (10,2 декады). Более значительные отклонения от среднемноголетней нормы всех характеристик климата наблюдались в 2018 г. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову равнялся в 2017 г. – 1,89; в 2018 г. – 1,29; в 2019 г. – 1,47, ближе к норме (1,52) он был в 2019 г.

Главные отличия агроклиматических факторов в годы исследований заключались в неравномерном распределении тепла и влаги в течение вегетационного периода картофеля (рис. 1), что оказало существенное влияние на его урожайность. Так, 2017 г. характеризовался повышенной влажностью и недостатком тепла в первой половине вегетации; 2018 г. – недостатком влаги во втором и последнем месяцах вегетации; 2019 г. – повышенными температурам воздуха с дефицитом осадков в первой половине вегетации и

умеренными температурами воздуха с достаточным увлажнением во второй, когда происходит формирование основного урожая клубней.

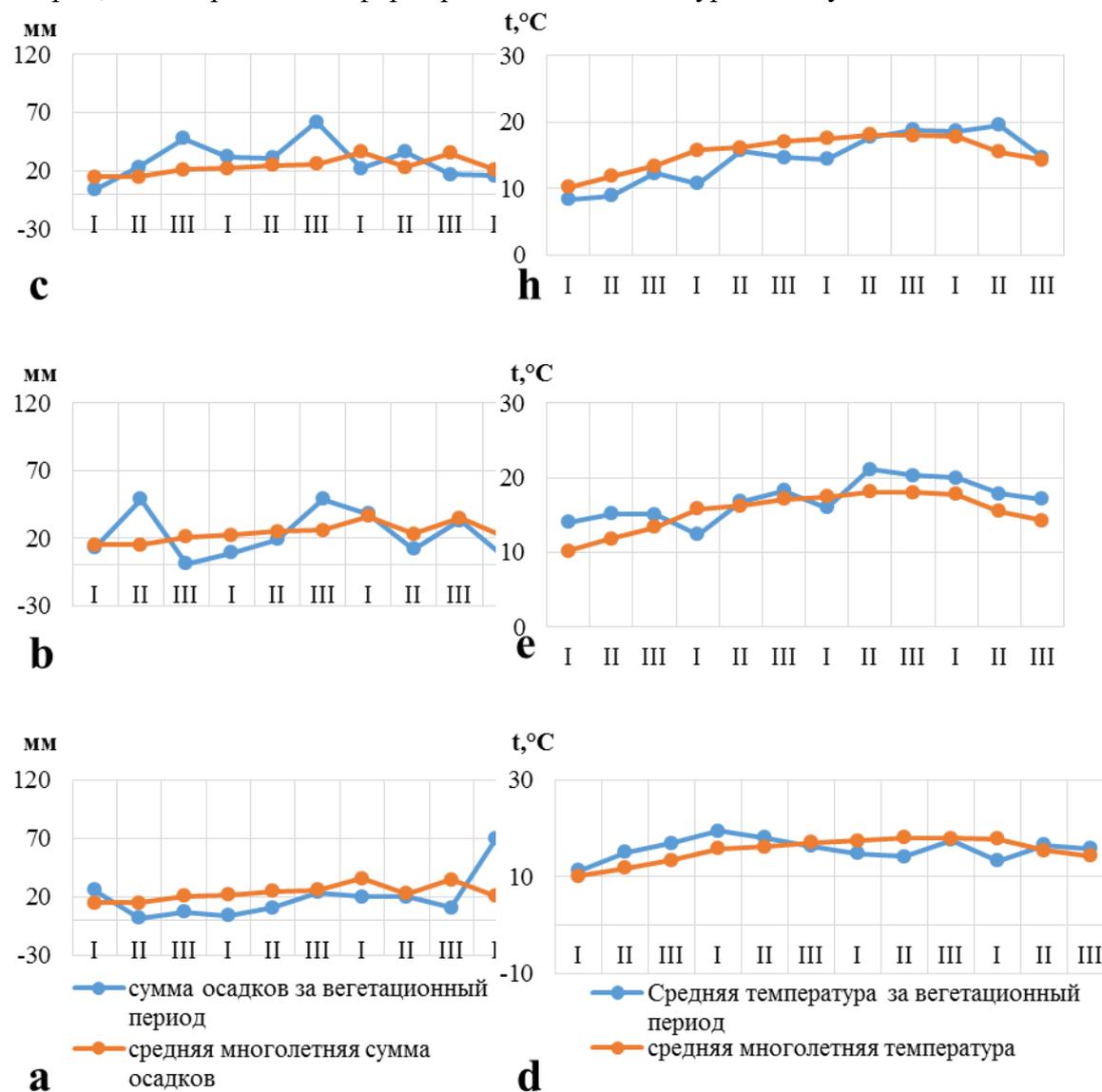


Рис. 1. Динамика суммы осадков (мм) и среднесуточной температуры (°C) по декадам (май – сентябрь): с, h – 2017 г., b, e – 2018 г., a, d – 2019 г.

Выявлено (табл. 1), что более благоприятные условия для формирования урожайности сортов [23,24] сложились в 2019 г. Повышение температуры воздуха после всходов картофеля ускорило наступление фазы бутонизации в сравнении с другими годами

календарно на 7-12 дней, а цветение – на 7-26 дней, что продлило период роста клубней и накопления урожая по разным сортам с 8-34 дней в 2017 г. до 46-57 дней в 2019 г. (табл. 2). Это оказало положительное влияние на урожайность, что доказано результатами корреляционного и регрессионного анализов. Зависимость урожая клубней от продолжительности периода «цветение-созревание» характеризуется коэффициентом корреляции $r = 0,46$ при фактических значениях критериев Стьюдента (t) 3,04, Фишера (F) 9,27 превышающих теоретические ($t_{05} = 2,0$, $F_{05} = 8,6$). Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 12.25 + 0,236 \cdot X \text{ при } t_{\phi} \text{ и } F_{\phi} > t_{05} \text{ и } F_{05}.$$

Установлена тесная связь урожайности картофеля с суммой температур, суммой осадков и среднесуточной температурой воздуха в завершающий период развития «цветение-созревание» (табл. 3). Коэффициенты корреляции $r = 0,82-0,87$ при высоких фактических значениях t и F . Отрицательная корреляция ($r = - 0,82$) между урожайностью и среднесуточной температурой воздуха за период подтверждает требования умеренных температур во время роста клубней [24].

Таблица 1

Изменение агроклиматических условий вегетационного периода картофеля в разные годы (на начало фазы)

Показат., ед. измерен.	2017 г.			2018 г.			2019 г.		
	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние
Число дней в периоде	27	18	8	30	6	37	27	5	50
Дата фазы	01.07	19.07	27.07	25.06	01.07	07.08	18.06	23.06	12.08
$\Sigma t, ^\circ\text{C}$	382,6	288,9	149,3	459,5	112,6	598,3	458,8	85,4	764,6
Суточная $t, ^\circ\text{C}$	14,2	16,0	18,7	15,3	18,8	16,2	17,0	17,1	15,3
$\Sigma \text{Ос}, \text{мм}$	114,4	32,4	15,5	19,0	28,3	82,7	18,4	9,4	153,0
Интенси вность осадков, мм/сутки	4,24	1,80	1,94	0,63	4,72	2,24	0,68	1,88	3,06
$R,$ кДж/см ²	45,14	40,04	32,43	49,33	30,44	56,89	49,29	28,95	65,95
$R,$ кДж/см ² · сутки	1,67	2,22	4,05	1,64	5,07	1,54	1,82	5,79	1,32
ГТК	2,99	1,12	1,04	0,41	2,51	1,38	0,40	1,10	2,00

Таблица 2

Продолжительность межфазных периодов сортов картофеля в разные годы, дней (на начало фазы)

Сорт, группа спелости	2017 г.			2018 г.			2019 г.		
	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние	Всходы - бутон.	Бутон.- цвет.	Цвет.- созрева - ние
Коломба, 01	7	10	8	30	8	29	27	4	46
Винета, 03	28	15	14	31	8	33	29	4	50
Любава, 03	10	10	9	25	7	31	22	4	49
Бурен, 03	30	10	33	38	8	27	25	5	55
В среднем по 03	23	12	19	31	8	30	25	4	51
Гала, 04	21	11	25	26	6	32	23	4	52
Вализа, 04	18	12	25	29	9	34	26	5	52
В среднем по 04	20	12	25	28	8	33	24	4	52
Скарб, 05	30	7	28	29	9	31	20	7	53
Северное сияние, 05	21	11	27	30	7	33	24	4	52
Аметист, 05	21	12	27	31	7	32	24	4	52
В среднем по 05	24	10	27	30	8	32	23	5	52
Никулинский, 06	2	8	30	31	2	52	19	7	57
Ласунак, 07	22	12	34	38	7	39	25	6	54
Киви, 07	32	10	26	33	9	32	27	2	53
В среднем по 07	27	11	30	36	8	36	26	4	54
В среднем за год	24	11	24	31	6	32	24	5	52

Таблица 3

Корреляционная зависимость конечной продуктивности картофеля от агроклиматических факторов в период "цветение-созревание"

Зависимая переменная (Y)	Независимая переменная (X)	r	t _{факт.} при t ₀₅ = 2,4	F _{факт.} при F ₀₅ = 5,6	Уравнение регрессии (№)
Y - урожай клубней, т/га	x ₁ - сумма температур, °С	0,82	3,76	14,19	Y = 12,22 + 0,026x ₁ (1)
	x ₂ - среднесуточная температура, °С	-0,82	-3,74	14,00	Y = 103,56 - 4,67x ₂ (2)
	x ₃ - сумма осадков, мм	0,87	4,76	22,67	Y = 14,56 + 0,13x ₃ (3)

Климатические условия, которые сложились в 2019 г., позволили накопить высокую урожайность большинству сортов картофеля (табл. 4). Реализации биологического потенциала сортов в 2019 г. способствовали такие факторы как увеличение продолжительности периода накопления урожая клубней до 52 дней (в среднем по сортам), повышение суммы температур до 764,6°С, увеличение суммы осадков до 150 мм, умеренная температура воздуха (15,3°С), благоприятная для формирования и роста клубней.

По ряду сортов (Винета, Коломба, Скарб, Бурен, Любава) была получена урожайность картофеля (30,00 – 37,60 т/га), превышающая запрограммированную. Свыше 35 т/га накопили урожай клубней сорта Винета, Коломба, Скарб, относящиеся к разным группам спелости. У других сортов, даже в благоприятных агроклиматических условиях, недобор урожая к программируемому уровню (30 т/га) колебался от 2,47 т/га (Вализа, 03) до 17,12 т/га (Ласунак, 07), что составляет 8,2-57,1 %.

Недобор урожайности сортов к ПРУ в другие годы был ограничен недостатком тепла и влаги, а в отдельные периоды их избытком, препятствующими активной фотосинтетической деятельностью растений, а также поражением растений фитофторозом, эпифитотия которого наблюдалась ежегодно. В 2017 г. более урожайными были сорта: среднеранние Гала и Вализа, ультраранний Коломба; в 2018 г. – раннеспелый Бурен, ультраранний Коломба, позднеспелый Никулинский, среднеранний Вализа. Эти сорта отличались более длинным периодом «цветение-созревание».

Таблица 4

Урожайность сортов картофеля разных групп спелости в годы исследований, т/га

Сорт, группа спелости	Урожайность, т/га				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя за 3 года	%
Коломба, 01	20,00	25,27	35,60	26,96	100,00
Винета, 03 (К)	15,52	16,50	37,60	23,21	
Любава, 03	10,86	14,51	30,00	18,46	
Бурен, 03	15,67	30,68	30,84	25,73	
В среднем по 03	14,02	20,56	32,15	22,24	82,30
Гала, 04	22,37	17,92	26,68	22,32	
Вализа, 04	27,03	20,64	27,55	25,07	
В среднем по 04	24,70	19,28	27,30	23,76	88,10
Скарб, 05	15,80	16,86	35,56	22,74	
Северное сияние, 05	15,70	15,30	22,06	17,69	
Аметист, 05	17,69	17,09	20,50	18,43	
В среднем по 05	16,40	16,42	26,04	19,62	72,80
Никулинский, 06	14,00	22,47	17,56	18,01	66,80
Ласунак, 07	11,14	17,50	12,88	13,84	
Киви, 07	14,50	15,99	21,16	17,22	
В среднем по 07	12,82	16,74	17,02	15,54	57,60
НСР ₀₅	2,67	1,74	1,54		

Недобор урожая к ПРУ частично объясняется слабой устойчивостью ряда сортов к фитофторозу (рис. 2). Без проведения защитных мероприятий, кроме протравливания клубней перед посадкой, в начале эпифитотии (первый срок определения 2-3 августа) распространение болезни, в среднем по сортам, составило (%): в 2017 г. – 71,8, в 2018 г. – 42,3, в 2019 г. – 50, а развитие – 44,1; 38,0 и 17,7 соответственно. Весьма устойчивым к фитофторозу оказался сорт Никулинский, среднеустойчивыми – сорта Скарб, Бурен, Любава, Киви

слабоустойчивыми - Коломба, Гала, Вализа, Винета, Северное сияние, Аметист.

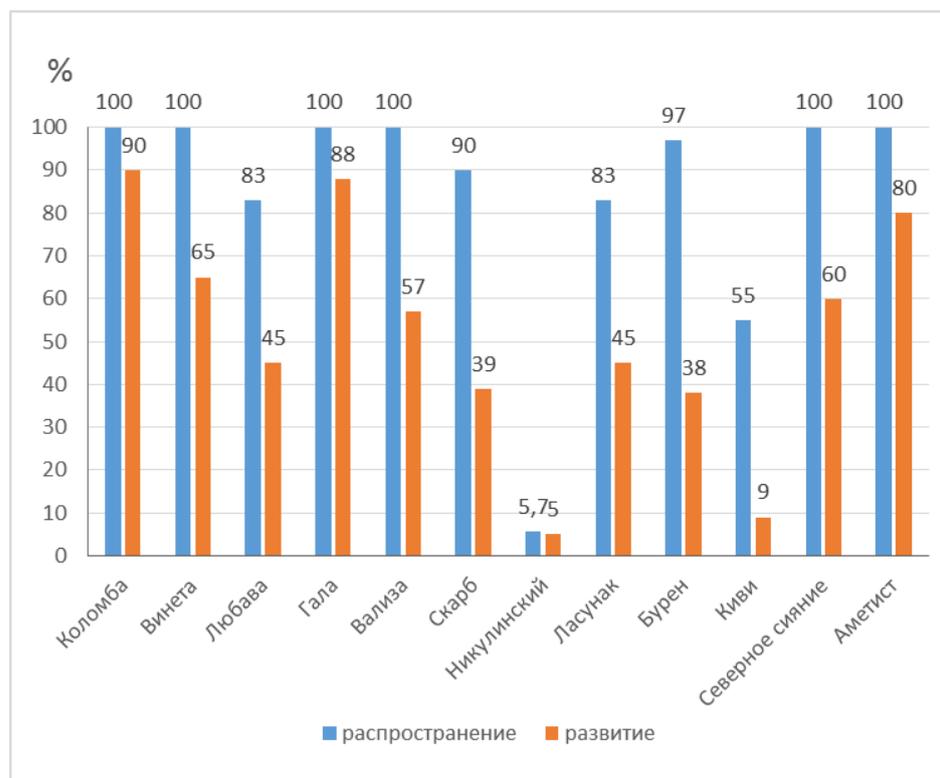


Рис. 2. Пораженность сортов картофеля фитофторозом (ботва) в среднем за 2017-2019 гг. Второй срок определения (8-11 августа)

Ценным биологическим свойством перечисленных выше ранних и среднеранних сортов является способность формировать хозяйственно выгодный урожай до сильного распространения болезни (начала созревания) благодаря формированию большой площади листьев и созданию мощного фотосинтетического потенциала агроценоза (ФПП), особенно в годы с повышенным увлажнением в начале вегетации картофеля (табл. 5). Так, в среднем по 12 сортам, максимальная площадь листьев составляла (тыс. м²/га): в 2017 г. – 42,3; в 2018 г. – 40,3; в 2019 г. (при дефиците влаги) – 21,9. При этом был создан ФПП, соответственно по годам – 1820, 1758 и 1046 тыс. м²×сутки/га.

Таблица 5

Величина и производительность фотосинтетического потенциала агроценоза картофеля (ФПП) в разные годы

Сорт, группа спелости	ФПП, тыс. м ² ×сутки/га				Получено клубней на 1 тыс. ед. ФПП, кг			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	В средне м	2017 г.	2018 г.	2019 г.	в среднем
Коломба, 01	1450	1873	772	1365	13,79	15,50	46,10	25,13
Винета, 03 (К)	2260	1503	1054	1606	6,80	11,00	35,70	17,83
Любава, 03	1590	1498	744	1277	6,82	9,70	40,30	18,94
Бурен, 03	2045	1986	1428	1820	7,67	15,40	2,60	14,89
В среднем по 03	1965	1662	1075	1568	7,10	12,03	32,50	17,22
Гала, 04	1550	1622	1362	1511	14,43	11,00	19,60	15,01
Вализа, 04	1950	1502	993	1482	13,86	13,70	27,70	18,42
В среднем по 04	1750	1562	1178	1496	14,14	12,35	23,65	16,72
Скарб, 05	1520	1547	1514	1527	10,29	10,90	23,50	14,90
Северное сияние, 05	1938	1482	1102	1507	8,10	13,88	20,00	13,99
Аметист, 05	1972	1517	956	1482	8,97	11,27	21,50	13,91
В среднем по 05	1810	1515	1191	1505	9,12	12,02	21,67	14,27
Никулинский, 06	1905	2694	842	1817	7,31	14,48	20,90	14,23
Ласунак, 07	2530	2291	766	1862	4,40	7,60	16,80	9,60
Киви, 07	1117	1587	1018	1241	12,98	10,10	20,80	14,63
В среднем по 07	1824	1939	892	1552	8,69	8,85	18,80	12,12

В результате исследований установлено, что фотосинтетическая активность растений картофеля в первую очередь зависела от мощности ФПП, затем от обеспеченности растений жизненно важными факторами (влажностью, теплом, светом) и от биологии сорта. Так, производительность ФПП как одного из показателей фотосинтетической активности возрастала с 9,62 кг (2017 г.) до 12,64 кг (2018 г.) и до 26,21 кг в 2019 г. Высокой производительностью ФПП как в 2019 г., так и в среднем за 3 года отличались сорта: Коломба, Любава, Винета, Вализа, у которых на 1 тыс. единиц ФПП было получено в 2019 г. 27,7-46,1 кг, в 2017-2019 гг.

– 17,03-25,13 кг клубней. Выявлена четкая зависимость производительности ФПП от скороспелости сорта: она снижалась от ультрараннего и раннеспелых сортов к позднеспелым (от 25,3 кг до 7,22 кг и также до 12,2 кг или уменьшилась в 2,1 и 1,4 раза соответственно).

Важным показателем экологической характеристики сорта является его способность экономно расходовать влагу на создание единицы урожая [20,25]. Этот показатель формируется из биологического коэффициента водопотребления ($K_{в\ биол.}$ – расход влаги на единицу сухой фитомассы) и товарного коэффициента водопотребления ($K_{в\ тов.}$ – расход влаги на единицу товарной продукции с гектара). Расчет указанных коэффициентов водопотребления является важным компонентом надежного программирования возможного урожая по водным ресурсам региона [19,20].

Результаты исследований выявили разные возможности сортов в использовании продуктивной влаги (табл. 6).

Таблица 6
Товарные коэффициенты водопотребления ($K_{в\ тов.}$) разных сортов картофеля в годы исследований, $м^3/т$ ($мм*га/ц$)

Сорт, группа спелости	Год			Среднее значение за 3 года
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Коломба, 01	246	162	120	176
Винета, 03 (К)	317	248	114	226
Любава, 03	453	282	142	292
Бурен, 03	314	133	138	195
В среднем по 03	361	221	231	238
Гала, 04	206	228	160	198
Вализа, 04	182	198	155	178
В среднем по 04	194	213	158	188
Скарб, 05	292	243	120	218
Северное сияние, 05	313	267	194	258
Аметист, 05	278	239	208	242
В среднем по 05	294	250	174	239
Никулинский, 06	351	182	243	259
Ласунак, 07	442	234	332	336
Киви, 07	339	256	202	260
В среднем по 07	390	245	267	298
В среднем за год	311	223	177	237

В более благоприятном для картофеля 2019 году товарный коэффициент водопотребления был в 1,8 раза меньше ($177 \text{ м}^3/\text{т}$), чем во влажном 2017 г. ($311 \text{ м}^3/\text{т}$), и в 1,3 раза меньше, чем в более сухом 2018 г. ($223 \text{ м}^3/\text{т}$). По группам сортов наиболее экономным расходом влаги отличались: ультраранний Коломба и среднеранние сорта – Гала и Вализа. Среднепоздний сорт Никулинский и позднеспелые сорта Ласунак и Киви потребляли её на 20-21 и 59-60 $\text{м}^3/\text{т}$ больше указанных выше сортов.

Для сортов, возделываемых на пищевые цели, большое значение в характеристике имеет способность сохранять высокое качество урожая в разных экологических условиях [12,26,27]. Биохимическая оценка сортов, проведенная по достигнутым результатам в 2018 и 2019 гг., показала, что качество урожая увязано с биологическим потенциалом, назначением сорта, а также зависит от агроклиматических условий вегетационного периода (табл. 7). В благоприятных условиях 2019 г., в среднем по 12 сортам, количество сухого вещества в клубнях в сравнении с 2018 г. увеличилось на 0,57% (с 20,82 до 21,39%), сырого протеина – на 1,01% (с 6,39 до 7,40%), а крахмала оставалось практически неизменным (14,51 и 14,37%). Такие колебания по крахмалу находятся в пределах допустимой ошибки определений. Количество нитратов в клубнях увеличилось на 42 мг/кг, но оставалось (82 мг/кг) значительно ниже ВДУ (250 мг/кг). Наибольшим содержанием сухого вещества (25,30-28,20%) отличались сорта Ласунак и Никулинский, сырого протеина (7,33-8,32) – Коломба, Северное сияние, Аметист, Любава, Гала, крахмала (15,94-21,04) – Ласунак, Никулинский, Винета. При использовании урожая на пищевые цели особую ценность представляют сорта с фиолетовой окраской мякоти клубней, которые, помимо высокого содержания белка в клубнях, отличаются высокими антиоксидантными свойствами [28,29]. Выход продовольственной фракции из урожая имеет тенденцию к снижению от раннеспелых сортов к позднеспелым.

Таблица 7

Качество урожая разных сортов картофеля, среднее за 2018-2019 гг.

Сорт, группа спелости	Содержание, %			Нитраты , мг/кг	Выход продоволь- ственной фракции, %
	Сухое вещество	сырой протеин	крахмал		
Коломба, 01	16,96	8,32	12,34	74	92,5
Винета, 03 (К)	21,68	5,95	15,94	68	91,1
Любава, 03	21,36	7,48	14,11	68	88,5
Бурен, 03	19,90	5,70	13,20	53	92,7
В среднем по 03	20,98	6,38	14,42	63	90,8
Гала, 04	19,73	7,33	13,51	93	90,1
Вализа, 04	20,14	6,80	13,26	52	93,1
В среднем по 04	19,94	7,06	13,38	72	91,6
Скарб, 05	20,28	6,00	12,72	38	87,7
Северное сияние, 05	20,36	7,98	14,06	60	90,6
Аметист, 05	19,18	7,74	12,32	52	92,1
В среднем по 05	19,94	7,24	13,03	50	90,1
Никулинский , 06	25,30	6,70	17,56	56	79,9
Ласунак, 07	28,26	6,10	21,04	67	85,3
Киви, 07	20,12	6,66	12,14	49	75,9
В среднем по 07	24,19	6,38	16,59	58	80,6

Заключение

Таким образом, более полная реализация биологического потенциала сортов картофеля при возделывании их по экологически безопасной технологии с междурядьями 90 см наблюдается в годы (2019 г.) с повышенными температурами воздуха (17°C) в первой половине вегетации (всходы-бутонизация) и умеренными температурами (15,3°C) в период «цветение-созревание» при сумме температур 765°C, сумме осадков 153 мм и продолжительности периода 50 дней.

В благоприятный год сорта Коломба, 01, Винета, 03, Скарб, 05, Любава, 03, Бурен, 03 формируют запрограммированные урожаи (30 т/га) и выше (30,84-37,60 т/га) за счет высокой фотосинтетической активности растений, экономного расходования влаги и питательных веществ из почвы и удобрений.

Установлена закономерная положительная зависимость урожайности картофеля от суммы температур ($r = 0,82$), суммы осадков ($r = 0,84$) и отрицательная зависимость ($r = - 0,82$) от пониженной среднесуточной температуры воздуха в период «цветение-созревание» с учетом и продолжительности этого периода ($r = 0,46$) при фактических значениях критериев Стьюдента и Фишера значительно больше теоретических.

Выявлена устойчивая тенденция снижения урожайности картофеля от ультраранних сортов (100%) к среднеранним (88,1%) и раннеспелым (82,5%), среднеспелым (72,8%), среднепоздним (66,8%) и позднеспелым сортам (57,6%). Более высоко реализуют свой биологический потенциал в условиях региона сорта – Коломба, 01, Вализа, 04, Бурен, 03 со средней за 3 года урожайностью 25,07-26,96 т/га (83,6-89,9%), а также Винета, 03, Гала, 04, Скарб, 05 с урожайностью 22,32-23,21 т/га.

Преимущества в урожайности сортов раннеспелой и среднеспелой групп объясняются способностью их формировать хозяйственно ценный урожай до начала созревания, когда в регионе отмечается наибольшее распространение и развитие фитофтороза. Устойчивым к этой болезни без проведения защитных мероприятий оказался сорт Никулинский, среднюю устойчивость проявили сорта Скарб, Бурен, Любава, Киви. Остальные сорта оказались слабоустойчивыми к фитофторозу.

Агроклиматические условия Верхневолжья, при возделывании картофеля по экологически безопасной технологии, позволяют получать урожаи высокого качества, соответствующего биологическому потенциалу и назначению сортов. В благоприятные годы пищевые достоинства клубней улучшаются за счет увеличения содержания в них сухого вещества и сырого протеина. На наиболее приспособленных сортах картофеля к агроклиматическим условиям Верхневолжья будут продолжены опыты по изучению эффективности комплексных ростостимуляторов.

Список литературы

1. Усанова З.И., Смирнова Т.И., Иванютина Н.Н., Павлов М.Н., Булюкина О.А. // Вестник ТвГУ. Серия "Химия". 2017. № 3. С. 139-147.
2. Петрова А.А., Смирнова Т.И., Павлов М.Н., Варламова А.А., Никольский В.М. // Вестник ТвГУ. Серия "Химия". 2020. № 2 (40). С. 143-149, DOI: 10.26456/vtchem2020.2.18.
3. Смирнова Т.И., Никольский В.М., Кудряшова Н.В., Иванютина Н.Н., Усанова З.И. // Вестник ТвГУ. Серия "Химия". 2018. № 7. С. 8-14.
4. Смирнова Т.И., Никольский В.М., Кудряшова Н.В., Иванютина Н.Н., Усанова З.И. // Энергосбережение и водоподготовка, 2009, №1 (57), С.61-63.
5. Патент РФ №2399183, опубл. 20.09.2010 / Никольский В.М., Смирнова Т.И., Светогоров Ю.Е., Халяпина Я.М., Толкачева Л.Н.
6. Патент РФ №2543352, опубл. 27.02.2015 / Копич Н.И., Никольский В.М., Логинова Е.С., Толкачева Л.Н.
7. Патент РФ №2552056, опубл. 10.06.2015 / Никольский В.М., Толкачева Л.Н., Яковлев Н.А., Симонова Н.В.
8. Патент РФ №2567190, опубл. 10.11.2015 / Смирнова Т.И., Малахаев Е.Д., Никольский В.М., Толкачева Л.Н.
9. Патент РФ на изобретение №2619306, опубл. 10.03.2017 / Усанова З.И., Павлов М.Н.
10. Усанова З.И., Черникова Н.С. // Успехи современного естествознания, 2020, №3, С.40-49, URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37344>.
11. FAO S. et al. FAOSTAT database // Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. – 2020. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>.
12. Сташевски З., Кузьмина О.А., Вологин С.Г. и др. // Земледелие.– 2019.–№6–С. 43-48, DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610.
13. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone, Southwestern Ethiopia. – 2019. - Vol. 14(7), pp. 389-394, DOI: [10.5897/AJAR2018.13482](https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13482).
14. Ghai R. Biochemical Studies on the Non-Enzymatic Antioxidants in the Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivars, and Cytotoxic Activity of Polyphenol Extract on Animal Cell Lines : дис. – ТИЕТ, Patiala, 2019, URL: <http://hdl.handle.net/10266/5696>.
15. Чекмарев П.А. // Плодородие. 2018. № 100. С. 4–7.
16. Мониторинг современного состояния производства картофеля в России (справочник) / Анисимов Б.А., Тульчеева В.В., Янюшкина Н.А. и др. – М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. – 35 с.
17. Коршунов А.В., Симаков Е.А., Лысенко Ю.Н. и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т.32. - №3. – С. 12-20.
18. Жевора С.В. // Земледелие. – 2019. – №5. – С. 30-34.

19. Усанова, З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015 – 143 с.
20. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
21. Муха В.Д., Кочетов И.С., Пелипец Д.В. и др. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: МСХА, 1994. – 252 с.
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
23. Усанова З.И., Самогаева Н.В., Филин В.В. и др. Теория и практика создания высокопродуктивных посадок картофеля в центральном Нечерноземье. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2013. – 528 с.
24. Посыпанов Г.С., Бугаев П.Д. // Растениеводство. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – С. 362-395.
25. Усанова З.И., Мигулев П.И. // Вестник ТвГУ. Серия биология и экология. – 2019. – №2. – С. 132-143, DOI: 10.26456/vtbio77.
26. Dean V. B. Managing the Potato Production System: 734. – Routledge, 2018. - 202 p.
27. Obiero C. O., Milroy S. P., Bell R. W. // Environmental and Experimental Botany. – 2019. – Т. 162. – С. 560-571, doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.04.001.
28. Усанова З.И., Прядеин С.Е. // Повышение управленческого, экономического, социального, инновационно-технологического и технического потенциала предприятий и отраслей АПК / Сб. науч. тр. по матер. Междун. науч.-практ. конф., 2017. – С. 25-27.
29. Andre C. M., Gislen M., Bertin P. et al. // Journal of agricultural and food chemistry. – 2007. – Т. 55. – №. 2. – С. 366-378, DOI: 10.1021/jf062740i.

Об авторах:

УСАНОВА Зоя Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Тверская Государственная Сельскохозяйственная Академия, e-mail: rasteniievodstvo@mail.ru

ПАВЛОВ Максим Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и земледелия ФГБОУ ВО Тверская Государственная Сельскохозяйственная Академия, e-mail: maxnipav@gmail.com

ЧЕРНИКОВА Наталья Сергеевна – аспирант кафедры технологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО

Тверская Государственная Сельскохозяйственная Академия. e-mail: rastenievodstvo@mail.ru

НИКОЛЬСКИЙ Виктор Михайлович – доктор химических наук, профессор кафедры неорганической и аналитической химии Тверского государственного университета, e-mail: p000797@tversu.ru

**CHEMICAL GROWTH STIMULATION OF PLANTS
AND REALIZATION OF THE BIOLOGICAL POTENTIAL
OF POTATOES IN THE UPPER VOLGA REGION**

Z.I. Usanova¹, M.N. Pavlov¹, N.S. Chernikova¹, V.M. Nikolskiy²

¹ *Tver state agricultural Academy, Tver*

² *Tver state University, Tver*

Scientifically based conclusions about the effectiveness of the use of metal complexes and complexates as growth stimulators on potatoes can be obtained if the most adapted varieties are used to the agro-climatic conditions of the upper Volga region. The paper presents the results of studying the reaction of twelve modern varieties of domestic and foreign potato selection to changes in cultivation conditions in 2017-2019.

Keywords: *potatoes, growth stimulators, complexes, programmable yield, agro-climatic security.*