

УДК 631.816.11:633.491

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ УРОЖАЕВ РАЗНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ

Усанова З.И., Черникова Н.С.

ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА», Тверь, e-mail: rasteniiovodstvo@mail.ru

В работе представлены результаты исследований, выполненных в 2017–2019 гг. в полевом опыте на высоко окультуренной супесчаной дерново-подзолистой почве КФХ «Анкинович» Калининского района Тверской области. Цель исследований – выявить особенности формирования климатически обеспеченных урожаев разных по скороспелости сортов картофеля в условиях Верхневолжья при возделывании по экологически безопасной технологии с междурядьями 75 см. На умеренном и повышенном фонах минерального питания (фактор А) возделывали сорта (фактор В): Винета, раннеспелый; Гала, среднеранний; Скарб, среднеспелый; Никулинский, среднепоздний. На умеренном фоне удобрения ($N_{45}P_{23}K_{35}$) вносили на запрограммированный урожай по биогадротермическому потенциалу продуктивности (КУБП) в 30,0 т/га, на повышенном ($N_{103}P_{23}K_{115}$) – на потенциальный урожай (ПУ) с КПД ФАР 2,5% в 40 т/га. Площадь учетной делянки по А – 48 м², по В – 12 м², повторность четырехкратная. В результате выявлены показатели агроклиматической обеспеченности урожаев картофеля в регионе, уровни (категории) запрограммированной урожайности (ПРУ). Установлена возможность программирования в Верхневолжье климатически обеспеченных урожаев КУ_{БИ} в 30 т/га и ПУ с КПД ФАР 2,5% в 40 т/га. При оптимальном обеспечении агроклиматическими ресурсами в лучшие годы (2019) сформирована урожайность выше ПРУ: на умеренном фоне НРК на 9,9 т/га (на 35,8%), на повышенном – на 12,9 т/га (на 32,4%). Наиболее продуктивными в среднем за 3 года были сорта: на умеренном фоне НРК – Винета (32,8 т/га, +4,0 т/га к ПРУ), на повышенном – Скарб (48,1 т/га, +8,3 т/га к ПРУ). Рост урожайности сортов картофеля был обеспечен более экономным расходованием влаги и питательных веществ на единицу урожая, повышением фотосинтетической активности сортов. Товарный коэффициент водопотребления на повышенном фоне составил: по сорту Винета 106, по сорту Скарб 97 м³/га. На 1 кг действующего вещества НРК по лучшим сортам получено: на умеренном фоне 328 кг, на повышенном – 200 кг клубней картофеля.

Ключевые слова: картофель, сорта, климатическая обеспеченность урожая, уровни (категории) запрограммируемой урожайности, урожайность, товарность, окупаемость НРК

FORMATION OF PROGRAMMED YIELDS OF DIFFERENT POTATO VARIETIES

Usanova Z.I., Chernikova N.S.

Tver Agricultural Academy, Tver, e-mail: rasteniiovodstvo@mail.ru

The work presents the results of research carried out in 2017-2019 within field experiment on highly cultivated sandy loam sod-podzolic soil of the farm «Ankinovich» of the Kalininsky district of Tver region. The purpose of the research is to identify features of formation of climatically secured yields of different varieties of potatoes in conditions of upper Volga region when cultivated using an environmentally safe technology with row spacing of 75 cm. At moderate and high backgrounds of mineral nutrition (factor a), the following varieties (factor B) were cultivated: Vineta, early-maturing; Gala, medium-early; Skarb, medium-maturing; Nikulinsky, mid-late. A moderate amount of fertilizers ($N_{45}P_{23}K_{35}$) was added according to a programmed yield biovitroceramics potential productivity (COBP) at 30.0 t/ha, at an elevated ($N_{103}P_{23}K_{115}$) – a potential crop (PU) with an efficiency of HEADLIGHTS 2.5% in 40 t/ha. Square plot on account of A – 48 m², on In – 12m², repeated four times. As a result, indicators of agro-climatic security of potato crops in the region, levels (categories) of programmed yield (PRY) were revealed. The possibility of programming in the upper Volga region of climate-protected crops of 30 t/ha AND PU with a FAR efficiency of 2.5% in 40 t/ha was defined. Under the optimal state of agro-climatic conditions in the best years (2019), the yield was above PRY: at a moderate background, NPK by 9.9 t/ha (35.8%), on an increased one – by 12.9 t/ha (32.4%). The most productive varieties for an average of 3 years were: at a moderate background, NPK – Vineta (32.8 t/ha, +4.0 t/ha to PRY), on an increased one – Skarb (48.1 t / ha, +8.3 t / ha to PRY). The increase in yields of potato varieties was provided by a more economical expenditure of moisture and nutrients per unit of crop, increasing the photosynthetic activity of varieties. The ratio of water use to elevated background made by: Vineta grade 106, grade Belongings a 97 m³/ha. per 1 kg of the active substance NPK at the best grades received: a moderate background of 328 kg in the high – 200 kg of potato tubers.

Keywords: potatoes, varieties, climate security of the crop, levels (categories) of programmable yield, yield, marketability, NPK recoupment

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – исключительное ценное клубнеплодное крахмалоносное растение семейства Пасленовые (*Solanaceae*), имеющее большое значение в жизнеобеспечении человека как «второй хлеб», а также как источник важных продуктов переработки – глюкозы, крахмала, этанола, и как высокопитательный корм для животных [0; 2]. Это высокопродук-

тивная культура, про которую в свое время Д.Н. Прянишников [3] писал, что выращивать корнеплоды и картофель на полях – это то же, что получать 3 колоса там, где раньше рос один. В истории картофелеводства нашей страны зафиксированы примеры получения урожайности свыше 80–120 т/га [4]. В настоящее время ещё далеко не исчерпаны резервы повышения урожайности, качества

урожая, рентабельности картофелеводства. По данным ФАО 2020 [5], в мире получают с гектара по 20,1 т, в Российской Федерации – 15,7 т клубней, что значительно ниже потенциальных возможностей современных сортов [6–8]. Реализация потенциальной продуктивности сортов во многом зависит от технологии возделывания, природно-климатических условий и экологической адаптивности выращиваемых сортов [6; 7; 9].

Достижение высоких результатов возможно при применении метода программирования урожайности [10]. Оптимальное программирование предусматривает определение действительно возможных урожаев в каждой конкретной местности, обеспечивающих наиболее полное использование природных и материально-технических ресурсов за счет оптимизации основных факторов жизни растений и управления ходом продукционного процесса [9]. Наиболее мощным фактором получения запрограммированных урожаев является удобрение. По сведению ряда авторов, повышение урожайности в системе агротехнических приемов обеспечивается за счет удобрений в США на 40–50%, в Германии на 50%, во Франции на 50–70% [11; 12]. Определение доз удобрений на программируемый урожай является важнейшим принципом программирования урожайности [4]. Эти вопросы требуют дальнейшего изучения при выращивании современных сортов по экологически безопасной технологии.

Цель работы – выявить особенности формирования климатически обеспеченных урожаев разных по скороспелости сортов картофеля в условиях Верхневолжья при возделывании по экологически безопасной технологии с междурядьями 75 см.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2017–2019 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве КФХ «Анкинович» Калининского района Тверской области. До закладки опыта в почве содержалось 2,5% гумуса (по Тюрину), 107,1 мг/кг легкогидролизуемого азота (по Корнфилду), 482 мг/кг P_2O_5 и 295 мг/кг K_2O (по Кирсанову), $pH_{\text{сол}}$ – 6,43.

В опыте изучали факторы: А – фон минерального питания: 1 – умеренный, расчетная доза NPK на урожай 30 т/га; 2 – повышенный, NPK на урожай 40 т/га; В – сорт: 1 – Винета, раннеспелый; 2 – Гала, среднеранний; 3 – Скарб, среднеспелый; 4 – Никулинский, среднепоздний. Площадь учетной делянки по А – 48 м², по В – 12 м², повтор-

ность четырехкратная, размещение делянок рандомизированными блоками.

Объекты исследований – сорта картофеля отечественной (Никулинский, ВНИИКХ имени Лорха) и зарубежной селекции (Скарб, Беларусь; Винета, Германия; Гала, Германия, ф. Norica).

Исследования выполнены по современным методикам [13]. Расчеты программируемой урожайности (ПРУ) и показателей климатической обеспеченности проведены по методике [4; 14], дисперсионный и корреляционный анализы по методике [15].

В опыте соблюдали запрограммированную экологически безопасную технологию возделывания картофеля. Удобрения вносили на ПРУ: на умеренном фоне на 30 т/га ($N_{45}P_{23}K_{35}$), на повышенном – 40 т/га ($N_{102}P_{23}K_{115}$). Уровень урожайности в 30 т/га соответствует расчетному ПРУ по биогидротермическому потенциалу продуктивности, в 40 т/га – потенциальному урожаю с КАД ФАР 2,5%. Дозы удобрений определяли балансовым способом [4]. Посадку проводили по схеме 75x28 см, густота стояния 50 тыс. растений на гектаре. Технологические операции при возделывании картофеля выполняли с помощью комплекса современных машин (Grimme, Amazone, Колнаг и др.), применяемых при технологии с междурядьями 75 см. Сажали картофель хорошо подготовленными клубнями семенной фракции (50–80 г – прозеленённые, прогретые, пророщенные), обработанные инсектофунгицидом «Престиж», сажалкой GL – 34 Т. В системе ухода за посевами пестициды не применялись. Погодные условия в годы исследований отличались от среднеевропейской нормы, что будет показано в разделе «Результаты исследований».

Результаты исследования и их обсуждение

Программированное выращивание картофеля предусматривает проведение исследований по климатической обеспеченности его в разные годы [4]. Определение этих показателей в условиях Верхневолжья свидетельствует о неодинаковой тепло- и влагообеспеченности картофеля в разные годы (табл. 1).

Наибольшие отклонения от среднеевропейских данных наблюдались по показателям влагообеспеченности картофеля, а именно по суммарному водопотреблению, запасу продуктивной влаги до посадки, сумме осадков, гидротермическому

показателю, биогидротермическому коэффициенту продуктивности и гидротермическому коэффициенту, которые были ниже нормы. Обеспеченность растений теплом ($\sum t > 10^\circ\text{C}$), а также показатели радиационного баланса и суммы фотосинтетически активной радиации превышали норму. Наиболее холодным и влажным оказался 2017 г., когда суммарное водопотребление, сумма осадков были на 9,3 и 16,8% больше среднемноголетнего количества.

На основании показателей климата рассчитаны разные уровни (категории) урожайности (табл. 2). Результаты их свидетельствуют о том, что в условиях региона по тепловым ресурсам ($KY_{\text{БП}}$) раннеспелые, среднеранние и среднеспелые сорта картофеля могут накопить урожай абсолютно сухой фитомассы 9,38, клубней – 29,31 т/га. Близкие к этим могут быть получены урожаи по приходу ФАР с КПД 2,0%.

Более низкую урожайность раннеспелых, среднеранних и среднеспелых сортов картофеля можно получить по условиям влагообеспеченности ($KY_{\text{В}}$). Потенциальная урожайность, рассчитанная по приходу ФАР с КПД 2,5%, близка к 40 т/га, а с КПД 3,0% – к 50 т/га. На основании анализа полученных данных на умеренном фоне минерального питания дозы удобрений (НРК) мы рассчитывали на ПРУ в 30 т/га, на повышенном – 40 т/га, то есть на $KY_{\text{БП}}$ и ПУ

с КПД ФАР 2,5%. Урожайность, рассчитанная по фактическим показателям климата в годы исследований, в среднем за 3 года, мало отличалась от ПРУ по среднемноголетней норме.

Результаты экспериментальных исследований, полученные в двухфакторном опыте, показали, что фактическая урожайность картофеля в большинстве вариантов значительно отличалась от ПРУ (табл. 3). Различия в продуктивности зависели от биологии сорта, фона минерального питания растений и распределения тепла и влаги в течение вегетации в годы исследований. Так, при разной реакции на изменения тепло- и влагообеспеченности картофеля, на умеренном фоне сорт Скарб, на повышенном – Никулинский сформировали в среднем за 3 года запрограммированную урожайность. Большим недобором урожая к ПРУ отличались сорта на умеренном фоне, особенно в 2017 г. На повышенном фоне в связи с улучшением минерального питания растений фактическая урожайность, как правило, превосходила ПРУ.

Недобор урожайности на умеренном фоне объясняется как погодными условиями, так и несбалансированностью минерального питания растений. Так, первые два месяца вегетации картофеля в 2017 г. характеризовались избыточным увлажнением и колебаниями температуры воздуха, а также недостатком влаги во время созревания (рис. 1).

Таблица 1

Показатели климатической обеспеченности картофеля за вегетационный период в разные годы

Показатель	Единицы измерения	По среднемноголетним данным	Год			В среднем за 3 года
			2017	2018	2019	
W	мм/га	450	492	409	427	443
W_0	мм/га	200	200	186	183	190
E_0	мм/га	463,8	442,2	491,3	466,9	466,8
R	к Дж/см ²	113,76	108,46	120,52	114,54	114,51
$\sum t > 10^\circ\text{C}$	°C	1642,4	1545,1	1766,4	1656,6	1656,0
$\sum \text{ФАР}$	к Дж/см ²	91,21	86,96	96,63	91,84	91,81
$\sum \text{Ос}$	мм	250	292	223	244	255
K увл.	ед.	0,97	1,11	0,83	0,92	0,95
ГТП	балл	4,55	5,21	3,89	4,32	4,47
БКП	балл	4,69	5,38	4,03	4,42	4,61
ГТК	ед.	1,52	1,89	1,29	1,47	1,55
Tv	декада	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2

Примечание: W – суммарное водопотребление, W_0 – запас продуктивной влаги в 1 м слое почвы до посадки, E_0 – испаряемость, R – радиационный баланс, $\sum t > 10^\circ\text{C}$ – сумма температур $> 10^\circ\text{C}$, $\sum \text{ФАР}$ – приход фотосинтетически активной радиации, $\sum \text{Ос}$ – сумма осадков, K увл. – коэффициент увлажнения, ГТП – гидротермический коэффициент, БКП – биогидротермический (биоклиматический коэффициент), ГТК – гидротермический коэффициент (по Селянинову), Tv – сумма декад от посадки до созревания.

Таблица 2

Уровни программируемой урожайности картофеля в разные годы, т/га

Категория ПРУ	Вид урожая	По норме	Год			В среднем за 3 года
			2017	2018	2019	
КУ _{БП}	Сухая масса	9,38	10,76	8,06	8,84	9,22
	Клубни	29,31	33,62	25,19	27,62	28,81
КУ _В	Сухая масса	7,41	8,10	6,74	7,04	7,29
	Клубни	23,17	25,31	21,06	22,51	22,96
ПУ с КПД ФАР 2,0%	Сухая масса	10,13	9,66	10,74	10,20	10,20
	Клубни	29,79	30,19	33,56	31,88	31,88
ПУ с КПД ФАР 2,5%	Сухая масса	12,67	12,08	13,42	12,75	12,75
	Клубни	39,58	37,75	41,94	39,85	39,84
ПУ с КПД ФАР 3,0%	Сухая масса	15,20	14,49	16,10	15,30	15,30
	Клубни	47,50	45,28	50,31	47,81	47,81

Примечание: сухая масса – это абсолютно сухая масса.

КУ_{БП} – климатически обеспеченный урожай, рассчитанный по биогидрологическому потенциалу продуктивности; КУ_В – климатически обеспеченный урожай по влагообеспеченности; ПУ – потенциальный урожай с КПД ФАР 2,0; 2,5; 3,0 %.

Таблица 3

Фактическая урожайность сортов картофеля и ее отличия от программируемой (ПРУ), т/га

Фон (А)	Сорт (В)	2017		2018		2019		В среднем за 3 г.	
		факт.	+/- к ПРУ	факт.	+/- к ПРУ	факт.	+/- к ПРУ	факт.	+/- к ПРУ
I – на 30 т/га	Винета	24,3	-9,3	26,2	+1,0	47,8	+20,2	32,8	+4,0
	Гала	22,4	-11,2	23,6	-1,6	37,2	+9,6	27,7	-1,1
	Скарб	25,5	-8,1	25,6	+0,4	34,4	+6,8	28,8	0,0
	Никулинский	23,6	-10,0	22,5	-2,7	30,6	+3,0	25,6	-3,2
	В среднем	24,2	-9,6	24,5	-0,7	37,5	+9,9	28,7	-0,3
II – на 40 т/га	Винета	35,6	-2,2	36,2	5,7	64,5	+24,7	45,4	+5,6
	Гала	43,1	+5,4	45,3	+3,4	42,8	+3,0	43,7	+3,9
	Скарб	39,8	+2,0	40,9	-1,0	63,5	+23,7	48,1	+8,3
	Никулинский	40,5	2,8	39,0	-2,9	40,0	+0,2	39,8	0,0
	В среднем	39,8	+2,0	40,4	-1,55	52,7	+12,9	44,3	+4,5
+/- к 1 фону	т/га	15,6		15,9		15,2		15,6	
	%	64,5		64,9		40,5		54,4	
НСР ₀₅ частн. разл.		1,34		1,58		1,01		1,31	
факт. А		0,67		2,02		0,72		1,14	
факт. В		0,75		0,51		0,51		0,66	
АВ		0,67		2,03		0,72		1,15	

Среднесуточная температура воздуха в период «всходы – бутонизация» была низкой (14,2 °С). О затруднении минерального питания в этом году на умеренном фоне свидетельствует тот факт, что на повышенном фоне все сорта, кроме раннеспелого Винета, накопили урожай выше ПРУ. Для раннеспелых сортов в начале вегетации сложились менее благоприятные условия, чем для более позднеспелых. Превышение ПРУ сортов 2019 г. объясняется оптимальным сочетанием и распределением тепла и влаги в течение вегетации картофеля. А именно, повышенная температура воздуха после всходов ускорила наступление фазы

бутонизации в сравнении с другими годами календарно на 7–12 дней, а цветение – на 7–26 дней, что продлило рост клубней и накопление урожая по сортам с 8–37 дней в 2017 г. до 50 дней в 2019 г. (табл. 4). Кроме того, в ответственный период для накопления урожая «цветение – созревание» сложилась умеренная температура воздуха (15,3 °С), что соответствовало требованиям биологии картофеля [16]. Установлена тесная положительная прямая корреляция между урожайностью картофеля и суммой температур ($r = 0,82$), суммой осадков ($r = 0,87$) в период «цветение – созревание» и отрицательная – со среднесуточной тем-

пературой воздуха в этот период ($r = -0,82$), при фактических значениях t и F , равных 3,76–4,76 и 14,00–22,67, теоретических – $t_{05} = 2,4$, $F_{05} = 5,6$.

Оптимизация минерального питания растений на повышенном фоне способствовала получению прибавок урожая в среднем по сортам 15,2–15,9 т/га или 40,5–64,9%. Соответственно по сортам в среднем за 3 года они составили, т/га (%): Винета – 12,6 (38,4), Гала – 16,0 (57,8), Скарб – 19,3 (67,0), Никулинский – 14,2 (55,5).

Повышению урожайности в разные годы по фонам минерального питания и сортам содействовало сокращение расхода влаги на единицу товарной продукции, что обозначается товарным коэффициентом водопотребления ($K_{в\ тов.}$) (табл. 5). Он находится в обратной зависимости от урожайности и в прямой от суммарного водопотребления.

Повышение урожайности в 2019 г. способствовало существенному снижению $K_{в\ тов.}$ на обоих фонах минерального питания. По сравнению с наиболее влажным 2017 г. они были в 1,5–2,3 раза меньше на умеренном фоне и 1,1–2,1 раза на повышенном. Оптимизация минерального питания растений на повышенном фоне снизила коэффициенты водопотребления в среднем за 3 года на 36,2%. Разница в $K_{в\ тов.}$ между сортами меньше, чем между годами и фонами, она не превышает 14,6–19,2% (14,2–28,5 м³/т), но она была больше НСР 05 (6,7 м³/т). Коэффициенты водопотребления являются важнейшими параметрами программирования. Полученные по сортам и категориям урожайности $K_{в\ тов.}$ можно использовать при программировании урожайности картофеля в Верхневолжском и других регионах со сходными агроклиматическими условиями.

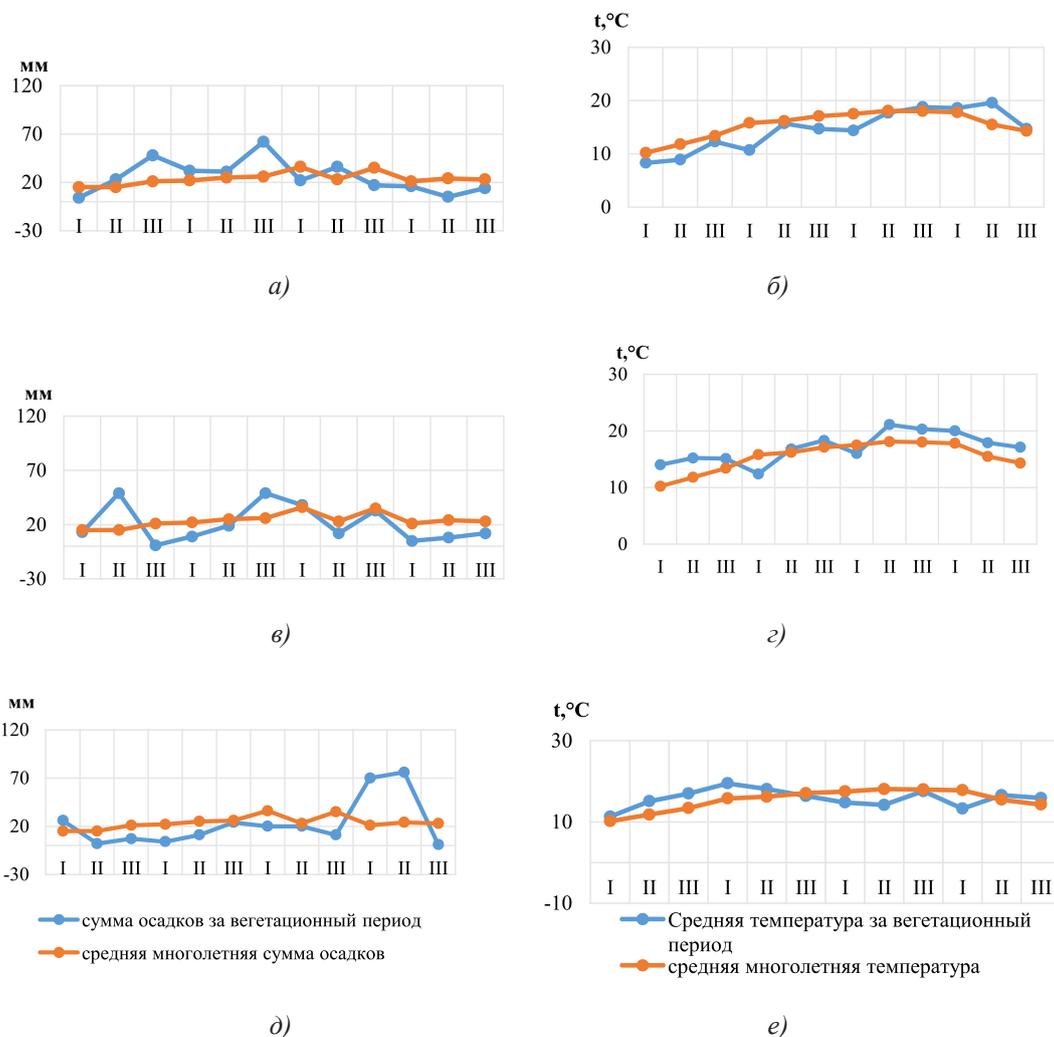


Рис. 1. Динамика суммы осадков (мм) и среднесуточной температуры (°C) по декадам с мая по сентябрь: а, б – 2017 г., в, г – 2018 г., д, е – 2019 г.

Таблица 4

Агроклиматические условия вегетационного периода картофеля в годы исследований

Показатели ед. измерения	2017			2018			2019		
	всходы-бутонизация	бутонизация-цветение	цветение-созревание	всходы-бутонизация	бутонизация-цветение	цветение-созревание	всходы-бутонизация	бутонизация-цветение	цветение-созревание
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
Среднесут. $t, ^\circ\text{C}$	14,2	16,0	18,7	15,3	18,8	16,2	17,0	17,1	15,3
$\Sigma O_e, \text{мм}$	114,4	32,4	15,5	19,0	28,3	82,7	18,4	9,4	153,0
Осадки, мм/сут.	4,24	1,80	1,94	0,63	4,72	2,24	0,68	1,88	3,06
$R, \text{кДж/см}^3$	45,14	40,04	32,43	49,33	30,44	56,89	49,29	28,95	65,95
$R, \text{кДж/см}^3/\text{сут.}$	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 5

Товарные коэффициенты водопотребления сортов картофеля на разных фонах в годы исследований, мм х га/ц или м³/т

Сорт (В)	фон 1 – NPK на 30 т/га (А)				фон 2 – NPK на 40 т/га (А)			
	2017	2018	2019	в среднем за 3 года	2017	2018	2019	в среднем за 3 года
Винета	202,5	152,6	89,3	148,1	138,2	113,0	66,2	105,8
Гала	219,6	173,3	114,8	169,2	114,2	90,3	99,8	101,4
Скарб	185,7	159,8	124,1	156,5	123,6	100,0	67,2	96,9
Никулинский	208,5	181,8	139,5	176,6	121,5	104,9	106,8	111,1
В среднем по А	204,1	166,9	116,9	162,6	124,4	102,0	85,0	103,8
+/- к I фону: т/га	–	–	–	–	-79,7	-64,9	-31,9	-58,8
%	–	–	–	–	-39,0	-38,9	-27,3	-36,2
НСР ₀₅ частн. разл.	13,5	15,8	10,2	13,2				
факт. А	6,8	20,2	7,3	11,5				
факт. В	7,5	5,8	5,2	6,7				
АВ	6,8	2,04	7,3	11,6				

Важными параметрами программирования являются также площадь листьев и фотосинтетический потенциал посева (агроценоза) (ФПП), которые оказывают большое влияние на урожайность картофеля и других сельскохозяйственных культур [9]. По данным ряда авторов, коэффициент корреляции между урожайностью и максимальной, средней площадью листьев посева, ФПП достигают 0,82–0,83 при фактических значениях t и F , равных 7,87–8,21 и 64,42–67,38, теоретических $t_{05} = 2,05$, $F_{05} = 4,26$ [17]. В нашем опыте площадь листьев посева в большой степени зависела от влаго- и теплообеспеченности картофеля в разные годы и периоды вегетации и в меньшей – от биологии сорта и уровня минерального питания. Так, в среднем за 3 года максимальная площадь листьев посева колебалась по сортам на умеренном фоне от 33,4 до 35,6 тыс. м²/га, на повышенном – от 37,2 до 39,7 тыс. м²/га, в год (2017) с избыточным увлажнением

в первой половине вегетации соответственно по фонам от 39,0 до 48,5 (умеренный) и от 41,6 до 50,5 (повышенный фон) тыс. м²/га. Наименьшая площадь листьев посева сформировалась в 2019 г. с резким дефицитом влаги и повышенными температурами воздуха в первой половине вегетации «всходы-цветение». Она составила в среднем по сортам 24,0 тыс. м²/га на умеренном фоне и 27,0 тыс. м²/га на повышенном фоне.

О фотосинтетической активности посева можно судить по производительности ФПП, то есть по количеству урожая клубней, полученному на 1 тыс. единицу ФПП [4].

Исследованиями выявлено, что величина ФПП изменялась от влияния изучаемых факторов в той же закономерности, как площадь листьев посева. Производительность ФПП зависела в первую очередь от агроклиматических условий в годы исследований, во вторую – от обеспеченности растений минеральной пищей и от биологии сорта (табл. 6).

Таблица 6

Величина и производительность фотосинтетического потенциала посева (агроценоза) сортов картофеля при программировании разных уровней урожайности в годы исследований

Фон (А)	Сорт (В)	ФПП, тыс. м ² х сутки/га				Получено клубней на 1 тыс. ед. ФПП, кг			
		2017	2018	2019	в среднем за 3 года	2017	2018	2019	в среднем за 3 года
Умеренный	Винета	1979	1405	1045	1476	12,28	19,07	45,74	25,70
	Гала	1448	1512	1326	1429	15,47	15,61	28,05	19,71
	Скарб	1392	1437	1225	1351	15,44	17,81	28,08	20,44
	Никулинский	1775	2184	924	1628	13,30	10,30	33,12	18,91
В среднем по А		1648	1634	1130	1471	14,12	15,70	33,75	21,19
Повышенный	Винета	2125	1963	1347	1812	16,75	23,16	47,88	29,26
	Гала	1569	1679	1368	1539	27,47	26,98	31,23	28,56
	Скарб	1593	1605	1326	1508	24,98	25,48	47,91	32,79
	Никулинский	1953	2471	1157	1860	20,74	15,78	34,57	23,70
В среднем по А ₂		1810	1930	1300	1680	22,48	22,85	40,40	28,58
А ₂ +/- к А ₁		162	296	170	209	8,36	7,15	6,65	7,39
НСР ₀₅ частн. разл.		67,1	78,9	50,5	65,3				
факт. А		33,5	100,1	36,0	56,5				
факт. В		37,5	28,5	25,5	30,5				
АВ		33,6	100,2	36,0	56,6				

Более высокой фотосинтетической активностью картофель отличался в благоприятном для формирования урожайности 2019 г., когда производительность ФПП на умеренном фоне была в 2,4 раза, на повышенном в 1,8 раза больше, чем в неблагоприятном 2017 г. Улучшение минерального питания растений на повышенном фоне увеличило производительность ФПП в среднем по сортам за 3 года в 1,4 раза, а разница между сортами составляла соответственно по фонам 32,7% и 38,4%. Наиболее высокий фотосинтетической активностью обладали сорта Винета на 1-м фоне, Скарб и Винета на 2-м фоне минерального питания, которые на 1 тыс. ед. ФПП накопили, в среднем 25,1 кг клубней на умеренном и 29,26–32,79 кг на повышенном фоне. Ценным свойством сорта Винета является способность увеличивать выход клубней на 1 тыс. ед. ФПП при более высоких параметрах посева (площади листьев и ФПП), что свидетельствует о более высокой продуктивности фотосинтеза.

Повышение фотосинтетической активности картофеля при возделывании его по экологически безопасной технологии без применения химической защиты посадок сдерживалось поражением растений фитофторозом, эпифитотия которого наблюдалась ежегодно (рис. 2). Этим объясняется недобор урожая к ПРУ, особенно

в годы с коротким периодом созревания (2017) из-за раннего усыхания пораженной фитофторозом листовой поверхности. Для сохранения посадок картофеля от этой болезни обычно рекомендуется применение в течение вегетации не менее 6–8 обработок их фунгицидами [18].

Результаты определения пораженности растений фитофторозом по ботве свидетельствуют о разной устойчивости сортов к этой болезни. Сильноустойчивым оказался сорт Никулинский, у которого на обоих фонах распространение болезни не превышало 23%, а развитие 7%, среднеустойчивым – Скарб: распространение 84–87%, развитие – 30–41%. Сорта Винета и Гала слабоустойчивые к фитофторозу и при применении химических средств защиты растений потенциально способны формировать урожаи запрограммированного уровня. Достоинством этих сортов является способность формировать хозяйственно ценные урожаи до сильного распространения болезни (до начала созревания). Об этом свидетельствует выход товарных клубней из урожая (табл. 7). Во все годы и по всем сортам в среднем он был высоким.

Пониженной товарностью клубней отличались сорта в 2017 г.: среднеспелый Скарб (83,7%) и среднепоздний Никулинский (85,8%), которые не успели реализовать свой фотосинтетический потенциал

из-за короткого периода созревания. Более высокой товарностью клубней на обоих фонах минерального питания отличался сорт Винета. Выход товарных клубней в тоннах с гектара зависел от урожайности сорта и товарности клубней. Высокий, равный ПРУ и выше, урожай товарных клубней обеспечивали сорта: на умеренном фоне Винета (31,3 т/га), на повышенном – Винета, Гала и Скарб (41,7–46,4 т/га).

Эффективность программирования урожайности можно оценить по окупаемости урожаем внесенных удобрений. Анализ этих данных (табл. 8) свидетельствует о том, что при точном соблюдении запрограммированной технологии, посадке по лучшему предшественнику хорошо под-

готовленными клубнями можно достичь высокой окупаемости урожаем 1 кг действующего вещества удобрений. Так, в среднем по сортам и за 3 года, на умеренном фоне получено 287 кг клубней на 1 кг д.в. удобрений, на повышенном – 185 кг. В среднем по 2 фонам лучшей окупаемостью отличались сорта Винета и Скарб, у которых получено по 259 и 244 кг клубней на 1 кг д.в. удобрений. При программировании более высокого урожая (40 т/га) окупаемость снизилась в среднем на 35,7%, но оставалась высокой – 185 кг на 1 кг д.в. В более благоприятный (2019) год окупаемость возрас- тала по сравнению с менее благоприятным (2017) годом на умеренном фоне в 1,5 раза, на повышенном – в 1,3 раза.

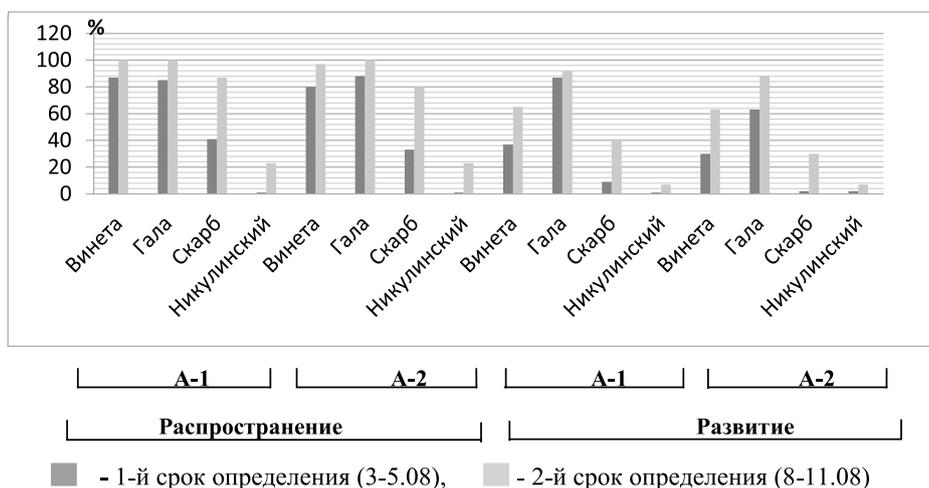


Рис. 2. Пораженность сортов картофеля фитофторозом (ботва) на фонах А-1 и А-2 в разные сроки определения, средняя за 2017–2019 гг.

Таблица 7

Товарность клубней из урожая сортов картофеля в годы исследований

Фон (А)	Сорт (В)	в% (товарность)				в т/га			
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	в среднем за 3 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	в среднем за 3 г.
1 – на 30 т/га	Винета	92,7	92,5	98,5	94,6	22,5	24,2	47,1	31,3
	Гала	88,8	91,8	95,1	91,9	19,9	21,7	35,4	25,6
	Скарб	83,7	92,3	100,0	92,0	22,2	23,6	31,6	25,8
	Никулинский	85,8	91,4	95,9	91,0	28,2	20,6	29,3	26,0
В среднем по А ₁		87,8	92,0	97,4	92,4	23,2	22,5	35,8	27,2
2 – на 40 т/га	Винета	96,2	96,0	99,2	97,1	33,3	34,8	64,0	44,0
	Гала	93,5	94,7	98,2	95,5	40,3	42,9	42,0	41,7
	Скарб	92,7	96,5	98,8	96,0	36,9	39,5	62,7	46,4
	Никулинский	91,5	96,3	92,2	93,3	37,1	37,6	36,9	37,2
В среднем по А ₂		93,5	95,9	97,1	95,5	36,9	36,9	51,4	42,3

Таблица 8

Окупаемость урожаем внесенных удобрений

Сорт (В)	фон 1 – N ₄₂ P ₂₃ K ₃₅ (А)				фон 2 – N ₁₀₂ P ₂₃ K ₁₁₅ (А)			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	в среднем	2017 г.	2018 г.	2019 г.	в среднем
Винета	243	262	478	328	148	151	269	189
Гала	224	236	372	277	180	189	176	182
Скарб	265	256	344	288	166	170	265	200
Никулинский	236	225	306	256	169	162	167	166
В среднем по А	242	245	375	287	166	168	220	185

Заключение

Таким образом, обеспеченность картофеля агроклиматическими ресурсами позволяет программировать урожайность по тепловым ресурсам 29,31 т/га, по влагообеспеченности 23,17 т/га, по приходу ФАР с КПД 2% – 29,79; 2,5% – 39,58; 3% – 47,5 т/га.

На накопление урожая клубней большое влияние оказывает распределение тепла и влаги в течение вегетации. Более высокая урожайность сортов картофеля формировалась в годы (2019) с высокой температурой воздуха в период «всходы – цветение» (17,0–17,1°C) при дефиците влаги и умеренной (15,3°C) в период «цветение – созревание» при оптимальном увлажнении.

Оптимизация агроклиматических условий в лучшие годы способствовала формированию урожайности выше ПРУ на умеренном фоне минерального питания на 9,9 т/га (35,8%), на повышенном – на 12,9 т/га (32,4%). Наибольшую урожайность в среднем за 3 года накопили сорта: на умеренном фоне Винета (32,8 т/га + 4,0 т/га к ПРУ), на повышенном Скарб (48,1 т/га + 8,3 т/га к ПРУ).

Рост урожайности сортов в разные годы был обеспечен более экономным расходом влаги и питательных веществ (НРК) на единицу урожая, повышением фотосинтетической активности и производительности ФПП, а также биологическими особенностями сортов. При возделывании по экологически безопасной технологии раннеспелые и среднеранние сорта накапливали хозяйственно ценный урожай клубней до начала эпифитотии фитофтороза.

На высоко окультуренных дерново-подзолистых почвах Верхневолжья при строгом соблюдении экологически безопасной технологии с посадкой по лучшим предшественникам хорошо подготовленными (прозелененными, пророщенными, прогретыми) клубнями семенной фракции мож-

но программировать уровни урожайности: по биогидротермическому потенциалу продуктивности (КУ_{БП}) – 30 т/га и приходу ФАР с КПД 2,5% (ПУ) – 40 т/га, что позволяет получать на 1 кг действующего вещества удобрений по лучшим сортам, в среднем до 330 и 200 кг клубней соответственно.

Список литературы / References

1. Федотова Л.С., Анисимов Б.В. Роль адаптивно-биологизированного земледелия в формировании урожая и повышении пищевой диетической ценности картофеля // Картофелеводство в регионах России. Актуальные проблемы науки и практики. М.: ВНИИКС РЦСК, 2006. С. 67–82.

Fedotova L.S., Anisimov B.V. The role of adaptive-biologized agriculture in crop formation and increasing the nutritional value of potatoes // Kartofelevodstvo v regionakh Rossii. Aktual'nyye problemy nauki i praktiki. M.: VNIKKH RTSSK, 2006. P. 67–82 (in Russian).

2. Жевора С.В., Старовойтов В.И. Проблемы и перспективы производства картофеля и топинамбура для продуктов оздоровительного питания // Сборник научных трудов. Мишуринск, 2015. С. 100–105.

Zhevara S.V., Starovoitov V.I. Problems and prospects of production of potatoes and artichokes for the products of health food // Sbornik nauchnykh trudov. Michurinsk, 2015. P. 100–105 (in Russian).

3. Прянишников Д.Н. Избранные труды. Т. 2. Частное земледелие (растения полевой культуры). М.: Сельхозгиз, 1965. 712 с.

Pryanishnikov D.N. Selected Works. T. 2. Private agriculture (field crop plants). M.: Sel'khozgiz, 1965. 712 p. (in Russian).

4. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

Kayumov M.K. Programming yields of agricultural crops. M.: Agropromizdat, 1989. 320 p. (in Russian).

5. FAO Setal, FAOSTAT database. Food and Agzikultuze Ozganization of the United Nations, Rome Italy. 2020. [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (date of access: 20.01.2020).

6. Жевора С.В. Экологическая адаптивность перспективных сортов картофеля отечественной селекции и экономическая оценка их возделывания // Земледелие. 2019. № 5. С. 30–34. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10508.

Zhevara S.V. Environmental adaptability of promising potato varieties of domestic selection and economic evaluation of cultivation // Zemledelie. 2019. № 5. P. 30–34 (in Russian).

7. Сташевски З., Кузьмина О.А., Вологин С.Г., Гизатуллина А.Т., Гимаева Е.А., Сафиуллина Г.Ф., Киру С.Д., Шабанов А.Э., Сафонова А.Д., Полухин Н.И., Журавлева Е.В. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610.

- Stashevski Z., Kuzminova O.A., Vologin S.G., Gizatulina A.T., Gimayeva Ye. A., Safiulina G.F., Kiru S.D., Shabanov A.E., Safonova A.D., Polukhin N.I., Zhuravleva Ye.V. First results of ecological and geographical testing of new Russian potato varieties // *Zemledelie*. 2019. № 6. P. 43–48 (in Russian).
8. Шабанов А.Э., Киселев А.И., Федотова Л.С. Параметры потенциальной урожайности сортов картофеля селекционного центра ВНИИКХ // *Земледелие*. 2018. № 5. С. 34–36. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10509.
- Shabanov A. E., Kiselev A. I., Fedotova L. S. Parameters of potential yield of potato varieties of the vniikh breeding center // *Zemledelie*. 2018. № 5. P. 34–36 (in Russian).
9. Усанова З.И., Смотаева Н.В., Филин В.В. Теория и практика создания высокопродуктивных посадок картофеля в Центральном Нечерноземье. Тверь: «Триада», 2013. 528 с.
- Usanova Z.I., Samotaeva N.V., Filin V.V. Theory and practice of creating highly productive potato plantings in the Central Nechernozem. Tver': «Triada», 2013. 528 p. (in Russian).
10. Филин В.И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур // *Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса*. 2014. № 3 (35). С. 26–36.
- Filin V.I. Crop programming: from the idea to the theory and technologies of cultivation of agricultural crops // *Izvestiya Nizhegorodskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. 2014. № 3 (35). P. 26–36 (in Russian).
11. Попов П.Д. Агрохимическая наука – производительная сила // *Агрохимический вестник*. 2001. № 3. С. 21–24.
- Popov P.D. Agrochemical science-productive power // *Agrokhimicheskii vestnik*. 2001. № 3. P. 21–24 (in Russian).
12. Чекмарев П.А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России // *Плодородие*. 2018. № 100. С. 4–7.
- Chekmarev P.A. Fertility recovery is a fundament of sustainable development of Russian agribusiness // *Plodorodiye*. 2018. № 1(100). P. 4-7 (in Russian).
13. Усанова З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству. Тверь: Тверская ГСХА, 2015. 143 с.
- Usanova Z.I. Methods of performing scientific research on crop production. Tver': Tverskaya GSKHA, 2015. 143 p. (in Russian).
14. Муха В.Д., Кочетов И.С. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур. М.: МСХА, 1994. 252 с.
- Mukha V.D., Kochetov I.S. basics of programming yields of agricultural crops. M.: MSKHA, 1994. 252 p. (in Russian).
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
- Dospekhov B.A. Technique of field experience. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p. (in Russian).
16. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Жеруков Б.Х. Растениеводство. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 612 с.
- Posypanov G.S., Dolgodvorov V.E., Zherukov B.H. Crop Production. M.: NITS INFRA-M, 2015. 612 p. (in Russian).
17. Усанова З.И., Козлов В.В. Формирование урожайности сортов картофеля при возделывании по разным технологиям в условиях Верневожья // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. № 4. С. 42–45.
- Usanova Z.I., Kozlov V.V. Formation of productivity of potato varieties when cultivating using different technologies in Vernevozhye conditions // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2014. № 4. P. 42–45 (in Russian).
18. Спиглазова С.Ю. Надежная защита картофеля // *Картофель и овощи*. 2014. № 3. С. 25–26.
- Spiglazova S.U. Protection of potato must be sure // *Kartofel' i ovoshchi*. 2014. № 3. P. 25–26 (in Russian).