

Продуктивность и фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от срока и глубины посадки

А. А. Васильев[✉], А. К. Горбунов¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, Екатеринбург, Россия

[✉] E-mail: kartofel_chel@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния сроков и глубины посадки картофеля на фотосинтетическую продуктивность, урожайность и качество клубней сортов разного срока созревания в условиях лесостепной зоны Челябинской области. **Методы исследований.** Постановка полевого опыта, анализ и обобщение результатов исследований выполнены в соответствии с классическими методиками. **Результаты.** Установлен оптимальный срок и глубина посадки картофеля в Челябинской области: посадка 12–15 мая на глубину 5–6 см. Это сочетание агроприемов обеспечивает наибольший фотосинтетический потенциал (Розара – 3,49 млн м²/га×дней, Кузовок – 4,66 млн м²/га×дней), эффективное усвоение фотосинтетически активной радиации (коэффициент усвоения ФАР: у сорта Розара – 3,4 %, Кузовок – 3,6 %), высокий урожай (Розара – 35,4 т/га, Кузовок – 38,3 т/га) и качество клубней картофеля (крахмалистость клубней сорта Розара – 16,8 %, Кузовок – 15,84 %, сбор крахмала с единицы площади – 6,10 и 6,28 т/га соответственно). Поздний срок посадки (5–12 июня) уменьшал фотосинтетический потенциал (сорта Розара – на 18,7 %, Кузовок – на 23,6 %) и коэффициент использования ФАР (Розара – до 2,5–2,6 %, Кузовок – до 3,0 %). Как следствие – отмечалось снижение урожайности сорта Розара на 5,1–8,1 т/га, Кузовок – на 7,1–7,2 т/га в зависимости от глубины посадки и ухудшения качества клубней. Содержание сухого вещества в клубнях сорта Розара при поздней посадке снижалось в среднем на 2,7 %, крахмала – на 2,29 %, у сорта Кузовок – на 2,9 и 1,83 % по сравнению с посадкой во второй декаде мая (накопление нитратов в клубнях при этом возрастало в 2,06 и 2,48 раза соответственно). Посадка на глубину 5–6 см обеспечивала преимущество во второй декаде мая, а на глубину 10–12 см – при посадке картофеля в третьей декаде мая и в начале июня. **Научная новизна.** В условиях лесостепной зоны Челябинской области выявлена зависимость глубины заделки от срока посадки картофеля. При посадке в оптимальные сроки (12–15 мая) лучшие результаты обеспечивает глубина посадки 5–6 см, тогда как в третьей декаде мая и в начале июня глубину посадки картофеля следует увеличить до 10–12 см.

Ключевые слова: картофель, сорт, срок посадки, глубина посадки, урожайность, качество клубней, крахмал, фотосинтетически активная радиация.

Для цитирования: Васильев А. А., Горбунов А. К. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от срока и глубины посадки // Аграрный вестник Урала. 2020. № 04 (195). С. ... DOI: ...

Дата поступления статьи: 05.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Срок и глубина посадки – важнейшие элементы технологии возделывания картофеля (*Solanum tuberosum* L.), оказывающие непосредственное влияние на весь комплекс факторов роста и развития растений, во многом определяющие начало вегетации, сроки уборки, величину и качество урожая клубней [1–3]. Оптимальный срок посадки картофеля устанавливается с учетом почвенно-климатических условий, физической спелости почвы, сорта и физиологического состояния посадочного материала [4–6]. Глубина посадки связана в основном с величиной семенных клубней, климатическими особенностями региона и состоянием почвы. Так, в Восточной и Западной Сибири, характеризующихся медленным прогреванием почв, и на Дальнем Востоке в условиях обильного увлажнения вегетационного периода преимущество имеет мелкая заделка клубней, тогда как в Среднем Поволжье и других регионах с засушливым климатом лучшие результаты по-

казывает глубокая посадка картофеля [7–8]. Оптимальные сроки и глубина посадки содействуют формированию дружных всходов, мощной корневой системы и ассимиляционной поверхности, создают условия для максимального усвоения фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР), влаги и питательных элементов почвы, что позволяет снизить вредоносность болезней и вредителей, а как следствие – положительно отражается на величине и качестве урожая картофеля [9–12].

Сроки посадки и глубина заделки семенных клубней, к сожалению, очень редко изучаются в одном эксперименте. Например, в своих диссертационных исследованиях Р. Г. Хуснутдинов [13], П. А. Чекмарев [14] и А. А. Самаркин [15] изучали как сроки, так и глубину посадки картофеля, но делалось это в разных, не связанных друг с другом опытах. Лишь в работе Г. С. Жуковой и Б. А. Писарева [16] сообщается о наличии тесной связи между глубиной и сроком посадки картофеля. Для получения ранней про-

дукции в районах с умеренным и прохладным климатом авторы рекомендуют «проводить раннюю посадку с заделкой клубней мельче, чем при обычных сроках посадки» [16, с. 5]. Тогда как в районах с сухим и жарким климатом при поздней посадке картофеля «клубни необходимо заделывать глубже, чтобы поместить их во влажный слой почвы» [16, с. 5]. На Южном Урале сроки и глубины посадки картофеля в одном опыте до настоящего времени не изучались. Очевидно, что проведение таких исследований является актуальным.

Цель исследований – изучить влияние сроков и глубины посадки картофеля на фотосинтетическую продуктивность, урожайность и качество клубней сортов разного срока созревания в условиях лесостепной зоны Челябинской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в период 2014–2017 гг. в Южно-Уральском научно-исследовательском институте

садоводства и картофелеводства – филиале УрФАНИЦ УрО РАН. Закладку опытов, анализы и наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми методиками [17]. Повторность опыта четырехкратная. Размещение вариантов рендомизированное. Площадь делянки – 27 м². Математическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа [18].

Почва участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса (по Тюрину) 5,90–7,26 %, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 7,0–7,9 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 11,8–16,0 мг/100 г почвы, обменного калия (по Чирикову) – 19,3–25,7 мг/100 г почвы, рН_{кон} – 5,12–5,28.

Предшественник картофеля – чистый пар. Посадку проводили клубнями первой репродукции, массой 50–70 г. Схема посадки 75×27 см. Картофель выращивали по общепринятой технологии на фоне внесения минеральных удобрений в расчете на урожай 40 т/га (в среднем за 4 года – N₁₇₁P₂₂₇K₂₅₉).

Таблица 1

Динамика накопления листовой поверхности в зависимости от срока и глубины посадки картофеля, тыс. м²/га (среднее за 2014–2017 гг.)

Срок посадки	Глубина посадки, см	Площадь листьев, тыс. м ² /га					
		5/VII	15/VII	25/VII	5/VIII	15/VIII	25/VIII
Сорт Розара							
12–15 мая	5–6	25,1	30,2	35,3	33,9	30,8	20,1
	10–12	24,0	28,9	33,5	32,8	30,3	20,8
25–29 мая	5–6	19,4	25,5	31,0	32,9	29,7	22,8
	10–12	19,1	25,1	31,0	34,0	31,6	25,1
5–12 июня	5–6	14,5	21,2	27,2	29,9	30,0	28,2
	10–12	14,0	20,5	26,2	29,3	30,3	29,8
Сорт Кузовок							
12–15 мая	5–6	33,7	38,5	43,3	44,4	39,5	35,9
	10–12	30,5	35,9	41,3	41,5	39,6	37,2
25–29 мая	5–6	25,1	32,2	39,4	42,1	40,2	37,1
	10–12	22,0	29,3	36,5	38,6	40,2	37,5
5–12 июня	5–6	18,2	25,6	33,1	39,6	40,6	37,8
	10–12	16,6	24,6	32,6	38,5	41,3	38,7

Table 1
Dynamics of accumulation of the leaf surface depending on the planting period of potatoes, thousand m²/ha (average for 2014–2017)

Potato planting date	Potato planting depth, cm	Leaf area, thousand m ² /ha					
		5/VII	15/VII	25/VII	5/VIII	15/VIII	25/VIII
Variety Rozara							
May 12–15	5–6	25.1	30.2	35.3	33.9	30.8	20.1
	10–12	24.0	28.9	33.5	32.8	30.3	20.8
May 25–29	5–6	19.4	25.5	31.0	32.9	29.7	22.8
	10–12	19.1	25.1	31.0	34.0	31.6	25.1
June 5–12	5–6	14.5	21.2	27.2	29.9	30.0	28.2
	10–12	14.0	20.5	26.2	29.3	30.3	29.8
Variety Kuzovok							
May 12–15	5–6	33.7	38.5	43.3	44.4	39.5	35.9
	10–12	30.5	35.9	41.3	41.5	39.6	37.2
May 25–29	5–6	25.1	32.2	39.4	42.1	40.2	37.1
	10–12	22.0	29.3	36.5	38.6	40.2	37.5
June 5–12	5–6	18.2	25.6	33.1	39.6	40.6	37.8
	10–12	16.6	24.6	32.6	38.5	41.3	38.7

Схема опыта: фактор А – срок посадки: 1) первый (12–15 мая); 2) второй (25–29 мая); 3) третий – поздний (5–12 июня); фактор В – глубина посадки: 1) мелкая (5–6 см); 2) глубокая (10–12 см); фактор С – сорт: 1) Розара (ранний); 2) Кузовок (среднеспелый).

По величине гидротермического коэффициента вегетационный период (май – август) 2014 и 2017 гг. был признан достаточно влажным (ГТК = 1,34 и 1,44 соответственно), 2015 г. – влажным (1,60), 2016 г. – недостаточно влажным (0,93).

Результаты (Results)

Изучаемые приемы агротехники оказывали непосредственное влияние на появление всходов и последующее развитие растений. При первом сроке посадки всходы картофеля появлялись на 20–23, при втором – на 18–22, а при третьем – на 17–21 день после посадки. Поздняя посадка (5–12 июня) сокращала довсходовый период на 2–3 дня по сравнению с посадкой 12–15 мая. Мелкая заделка клубней ускоряла появление всходов на 2–3 дня при первом сроке посадки и на 1–2 дня при втором и третьем. У раннего сорта Розара всходы обычно появлялись на 1–2 дня раньше, чем у среднеспелого сорта Кузовок.

Межфазный период «всходы – бутонизация» при втором сроке посадки (17–20 дней) был на 2–3 дня короче, чем при первом сроке посадки (20–22 дня). Глубокая заделка семенных клубней увеличивала продолжительность межфазных периодов «всходы – бутонизация» на 2–3 дня

у сорта Розара и на 3–4 дня у сорта Кузовок, а фаза начала отмирания ботвы наступала соответственно на 4–5 и 5–7 дней позже, чем при мелкой посадке.

Известно, что урожайность картофеля определяется темпами формирования ассимиляционной поверхности, величиной фотосинтетического потенциала и чистой продуктивностью фотосинтеза [19–20]. Это подтвердилось и в наших исследованиях (таблица 1).

В варианте первого срока посадки площадь листьев картофеля сорта Розара в первой декаде июля была на 27,3 % больше, чем при втором, и на 72,3 % больше, чем при третьем сроке посадки. У сорта Кузовок преимущество ранней посадки картофеля составило соответственно 36,2 и 84,5 %.

Наибольшая листовая поверхность отмечена в фазе цветения культуры. У сорта Розара при посадке 12–15 мая наибольших значений этот показатель достигал в третьей динамической копке в варианте мелкой заделки клубней, при посадке 25–29 мая – в четвертой, 5–12 июня – в пятой копке с глубокой заделкой семенного материала. У сорта Кузовок наибольшая площадь листьев картофеля при первом и втором сроках посадки отмечалась 5 августа (в первом случае в варианте мелкой заделки), а при третьем сроке – 15 августа (при посадке на глубину 10–12 см).

Суммарный фотосинтетический потенциал (ФП) зависел как от генотипа, так и от срока и глубины посадки картофеля. Так, у сорта Розара при посадке 12–15 мая этот

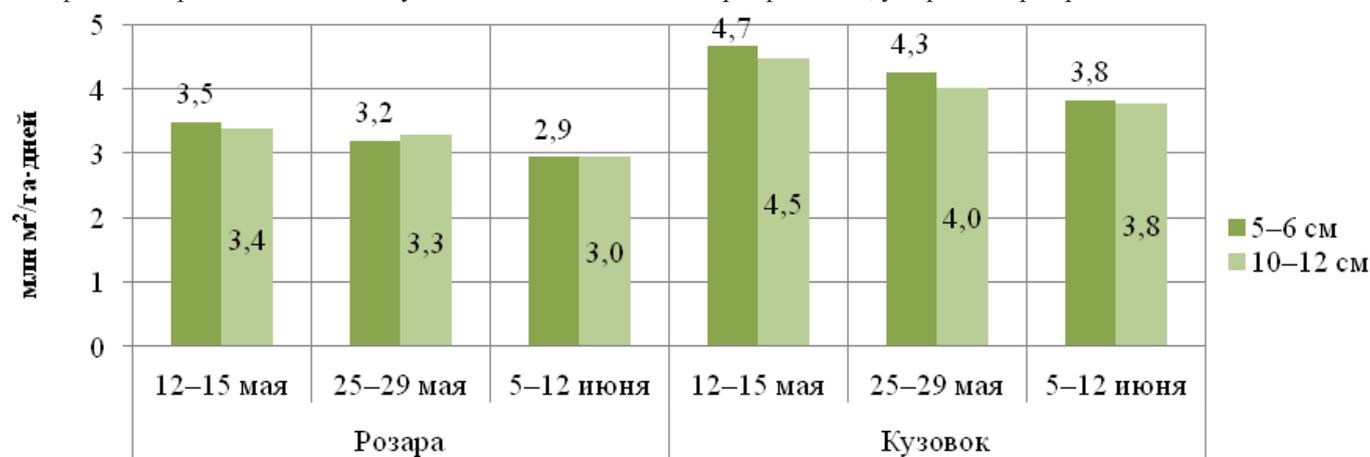


Рис. Суммарный фотосинтетический потенциал картофеля в зависимости от срока и глубины посадки (среднее за 2014–2017 гг.)

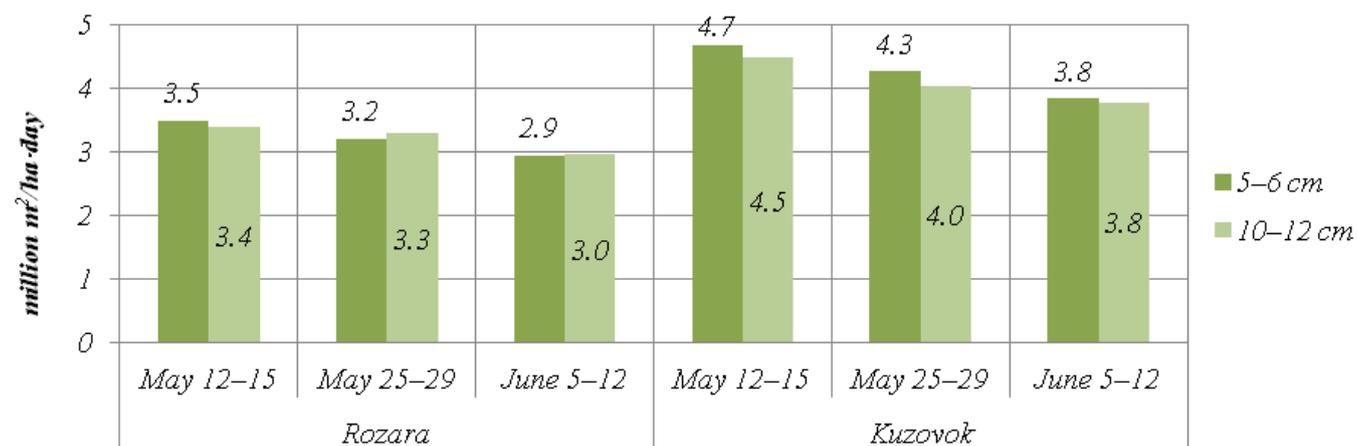


Fig. The total photosynthetic potential of potatoes depending on the period and depth of planting (average for 2014–2017)

показатель был в среднем на 6,0 % больше, чем при втором, и на 16,7 % больше, чем при третьем сроке посадки, у сорта Кузовок это преимущество составляло 10,2 и 20,0 % соответственно (см. рис.).

Максимальных значений суммарный ФП достигал при посадке картофеля во второй декаде мая на глубину 5–6 см: у сорта Розара он составил 3,49 млн м²/га×дней, а у сорта Кузовок – 4,66 млн м²/га×дней. Глубокая посадка при этом вызывала снижение этого показателя соответственно на 3,1 и 4,3 % по сравнению с посадкой на глубину 5–6 см. Влияние глубины заделки семенного материала на фотосинтетический потенциал снижалось при поздней посадке картофеля, где разница между вариантами была недостоверной.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) главным образом зависела от сорта и срока посадки картофеля. У сорта Розара этот показатель при посадке 12–15 мая составил в среднем 3,0 г/м² в сутки, 25–29 мая – 3,1 г/м² в сутки, 5–12 июня – 3,2 г/м² в сутки; у сорта Кузовок – 2,6 г/м² в сутки, 3,0 и 3,0 г/м² в сутки соответственно.

Глубина заделки семенного материала сорта Розара не оказывала существенного влияния на ЧПФ, тогда как у сорта Кузовок посадка картофеля на глубину 10–12 см сопровождалась повышением чистой продуктивности фотосинтеза на 6,1–13,4 % по сравнению с мелкой посадкой.

Коэффициент усвоения фотосинтетически активной радиации зависел главным образом от генотипа. Так, у среднеспелого сорта Кузовок этот показатель в целом по опыту был на 17 % больше, чем у раннего сорта Розара. Поздняя посадка картофеля приводила к существенному снижению коэффициента поглощения ФАР: у сорта Розара – на 31,3 %, а у сорта Кузовок – на 19,6 % по сравнению с посадкой во второй декаде мая. У раннего сорта Розара наибольшее усвоение ФАР отмечалось в варианте посадки 12–15 мая на глубину 5–6 см – 3,4 %, тогда как у среднеспелого сорта Кузовок при глубокой посадке 25–29 мая – 3,7 %. Поздняя посадка (5–12 июня) снижала этот показатель до 2,5 % у сорта Розара и до 3,0 % у сорта Кузовок (таблица 2).

Таблица 2
Урожайность клубней картофеля (т/га) и коэффициент усвоения ФАР (%) в зависимости от срока и глубины посадки

Срок посадки (А)	Глубина посадки, см (В)	Урожайность, т/га					Коэффициент использования ФАР, %
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее за 4 года	
Сорт Розара							
12–15 мая	5–6	37,3	44,4	28,3	31,6	35,4	3,4
	10–12	35,6	42,8	29,4	33,0	35,2	3,2
25–29 мая	5–6	34,7	37,9	31,6	33,8	34,5	2,9
	10–12	35,0	40,8	29,6	32,4	34,5	3,1
5–12 июня	5–6	30,4	28,9	27,4	22,4	27,3	2,5
	10–12	33,7	33,4	27,0	26,4	30,1	2,6
Сорт Кузовок							
12–15 мая	5–6	42,3	47,3	29,4	34,3	38,3	3,6
	10–12	40,4	47,7	30,7	35,9	38,7	3,6
25–29 мая	5–6	40,4	36,1	32,4	38,8	36,9	3,6
	10–12	42,9	42,5	33,5	37,1	39,0	3,7
5–12 июня	5–6	35,1	27,4	30,7	31,8	31,2	3,0
	10–12	35,4	36,6	26,8	31,0	32,5	3,0
HCP ₀₅		3,0	3,7	2,8	3,3	2,0	–
HCP ₀₅ (A, C)		1,1	1,3	1,0	1,2	0,7	
HCP ₀₅ (B)		0,8	1,1	0,8	0,9	0,6	

Table 2
Yields of potato tubers (t/ha) and PAR assimilation coefficient (%) depending on the period and depth of planting

Potato planting date (A)	Potato planting depth, cm (B)	Tuber productivity, t/ha					The coefficient of use of FAR, %
		2014	2015	2016	2017	4 years average	
Variety Rozara							
May 12–15	5–6	37.3	44.4	28.3	31.6	35.4	3.4
	10–12	35.6	42.8	29.4	33.0	35.2	3.2
May 25–29	5–6	34.7	37.9	31.6	33.8	34.5	2.9
	10–12	35.0	40.8	29.6	32.4	34.5	3.1
June 5–12	5–6	30.4	28.9	27.4	22.4	27.3	2.5
	10–12	33.7	33.4	27.0	26.4	30.1	2.6
Variety Kuzovok							
May 12–15	5–6	42.3	47.3	29.4	34.3	38.3	3.6
	10–12	40.4	47.7	30.7	35.9	38.7	3.6
May 25–29	5–6	40.4	36.1	32.4	38.8	36.9	3.6
	10–12	42.9	42.5	33.5	37.1	39.0	3.7
June 5–12	5–6	35.1	27.4	30.7	31.8	31.2	3.0
	10–12	35.4	36.6	26.8	31.0	32.5	3.0
SSD ₀₅		3.0	3.7	2.8	3.3	2.0	–
SSD ₀₅ (A, C)		1.1	1.3	1.0	1.2	0.7	
SSD ₀₅ (B)		0.8	1.1	0.8	0.9	0.6	

Планируемая урожайность картофеля 40 т/га в целом по опыту достигалась только сортом Кузовок при посадке 12–15 мая, а также в третьей декаде мая с глубокой заделкой семенного материала. Тогда как у сорта Розара заданная продуктивность отмечалась только во влажных условиях 2015 г. (при посадке во второй декаде мая, а также при глубокой посадке 25–29 мая).

Глубокая заделка семенных клубней достоверно повышала урожай клубней при позднем сроке посадки (у сорта Розара – на 2,8 т/га, у сорта Кузовок – на 1,3 т/га).

Корреляционный анализ выявил наличие прямой корреляционной зависимости между урожайностью картофеля и коэффициентом использования ФАР ($r = 0,977$).

В среднем по опыту усвоение 1 % фотосинтетически активной радиации, поступающей за вегетационный период (май – август), обеспечивало формирование урожая клубней сорта Розара 11,3 т/га, Кузовок – 10,7 т/га.

Срок и глубина посадки оказывали влияние на качество клубней. По сравнению с первым сроком содержание сухого вещества в клубнях при посадке картофеля 5–12 июня снизилось у сорта Розара в среднем на 2,7 %, Кузовок – на 2,9 %, крахмалистость клубней – на 2,29 и 1,83 % соответственно, а накопление нитратов увеличивалось в 2,06 и 2,48 раза (таблица 3). Тем не менее количество нитратов в клубнях во всех вариантах опыта не превышало ПДК (250 мг/кг).

Таблица 3

Показатели качества клубней картофеля в зависимости от срока и глубины посадки (среднее за 2014–2017 гг.)

Срок посадки (А)	Глубина посадки, см (В)	Содержание сухого вещества, %	Крахмал		Содержание нитратов, мг/кг
			%	т/га	
Сорт Розара					
12–15 мая	5–6	22,9	16,80	6,10	108,6
	10–12	23,0	16,87	5,99	99,9
25–29 мая	5–6	20,6	14,65	5,05	116,4
	10–12	21,4	15,13	5,28	116,4
5–12 июня	5–6	20,4	14,53	4,15	229,2
	10–12	20,2	14,57	4,52	199,7
Сорт Кузовок					
12–15 мая	5–6	23,0	15,84	6,28	68,2
	10–12	22,6	15,70	5,92	66,7
25–29 мая	5–6	21,9	14,38	5,23	92,7
	10–12	22,3	14,75	6,11	92,9
5–12 июня	5–6	19,8	12,88	4,01	174,1
	10–12	19,9	13,76	4,52	160,1
НСР ₀₅		0,31	0,42	0,34	4,0
НСР ₀₅ (А, С)		0,11	0,15	0,12	1,4
НСР ₀₅ (В)		0,09	0,12	0,10	1,2

Table 3

Quality indicators of potato tubers depending on the duration and depth of planting (average for 2014–2017)

Potato planting date (A)	Potato planting depth, cm (B)	Dry matter content, %	Starch		The content of nitrates, mg/kg
			%	t/ha	
Variety Rozara					
May 12–15	5–6	22.9	16.80	6.10	108.6
	10–12	23.0	16.87	5.99	99.9
May 25–29	5–6	20.6	14.65	5.05	116.4
	10–12	21.4	15.13	5.28	116.4
June 5–12	5–6	20.4	14.53	4.15	229.2
	10–12	20.2	14.57	4.52	199.7
Variety Kuzovok					
May 12–15	5–6	23.0	15.84	6.28	68.2
	10–12	22.6	15.70	5.92	66.7
May 25–29	5–6	21.9	14.38	5.23	92.7
	10–12	22.3	14.75	6.11	92.9
June 5–12	5–6	19.8	12.88	4.01	174.1
	10–12	19.9	13.76	4.52	160.1
SSD ₀₅		0.31	0.42	0.34	4.0
SSD ₀₅ (A, C)		0.11	0.15	0.12	1.4
SSD ₀₅ (B)		0.09	0.12	0.10	1.2

Снижение содержания в клубнях сухого вещества и крахмала связано главным образом с несбалансированностью процессов усвоения ФАР и поступления минерального азота в растения картофеля при позднем сроке посадки. При посадке картофеля 5–12 июня вегетационный период завершается в сентябре, а не в августе, как при первом сроке посадки. Поступление ФАР в сентябре в 1,8 раза меньше, чем в мае, что приводит к снижению биомассы растений и количества сухого вещества, запасаемого в клубнях. По мнению А. В. Коршунова [22], поступающий в растения картофеля азот при этом не успевает связываться в органические соединения и, как следствие, накапливается в клубнях.

Глубокая заделка семенного материала способствовала увеличению содержания крахмала в клубнях сорта Розара в среднем на 0,19 %, Кузовок – на 0,35 % по сравнению с посадкой на глубину 5–6 см. Накопление нитратов в клубнях при этом снижалось на 9,2 и 4,8 % соответственно. По нашему мнению, это объясняется более благоприятными условиями для роста и развития растений в варианте с глубокой посадкой, что подтверждается результатами исследований в других регионах [21].

Сбор крахмала с единицы площади зависит как от урожайности картофеля, так и от крахмалистости клубней и, по нашему мнению, является наиболее объективным показателем, характеризующим эффективность агротехнических приемов. В нашем опыте этот показатель имел более сильную корреляцию с урожайностью клубней, чем с их крахмалистостью: в 2014 ($r = 0,852$ и $0,717$ соответственно), 2015 ($r = 0,985$ и $0,813$) и 2017 гг. ($r = 0,874$ и $0,645$), тогда как в засушливых условиях 2016 г. эта связь была слабой ($r = 0,382$), а сбор крахмала в большей степени зависел от содержания в клубнях крахмала ($r = 0,873$).

Наибольшие сборы крахмала обеспечивала посадка изученных сортов во второй декаде мая с мелкой заделкой семенных клубней: Розара – 6,10 т/га, Кузовок – 6,28 т/га. Посадка картофеля на глубину 10–12 см в эти же сроки достоверно снижала сбор крахмала на 0,11 и 0,36 т/га соответственно. При втором и третьем сроках посадки наи-

большие сборы крахмала с единицы площади обеспечивала глубокая посадка картофеля. Однако по сравнению с ранней посадкой этот показатель снижался в среднем на 39,6 % у сорта Розара и на 43 % у сорта Кузовок.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В лесостепной зоне Челябинской области оптимальной является посадка картофеля в начале второй декады мая на глубину 5–6 см. Это сочетание агроприемов обеспечивает наибольший фотосинтетический потенциал (Розара – 3,49 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дней}$, Кузовок – 4,66 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дней}$) и эффективное использование ФАР, поступающей за вегетационный период (коэффициент усвоения ФАР: у сорта Розара – 3,4 %, Кузовок – 3,6 %). Как следствие, формируется высокий урожай (Розара – 35,4 т/га, Кузовок – 38,3 т/га) и качество клубней картофеля (крахмалистость клубней сорта Розара – 16,80 %, Кузовок – 15,84 %, сбор крахмала с единицы площади – 6,10 и 6,28 т/га соответственно).

2. Поздний срок посадки (5–12 июня) приводил к снижению фотосинтетического потенциала (Розара – на 18,7 %, Кузовок – на 23,6 %) и коэффициента использования ФАР (Розара – до 2,5–2,6 %, Кузовок – до 3,0 %). Это привело к снижению урожайности сорта Розара на 8,1 т/га при мелкой и на 5,1 т/га при глубокой заделке семенного материала, Кузовок – соответственно на 7,1 и 7,2 т/га, а также ухудшало качество клубней. Содержание сухого вещества в клубнях сорта Розара снижалось в среднем на 2,7 %, крахмала – на 2,29 %, у сорта Кузовок – на 2,9 и 1,83 % по сравнению с посадкой 12–15 мая. Одновременно с этим отмечено увеличение содержания нитратов в клубнях (Розара – в 2,06 раза, Кузовок – в 2,48 раза).

3. Посадка на глубину 5–6 см обеспечивала преимущество во второй декаде мая, а на глубину 10–12 см – при посадке картофеля в третьей декаде мая и в начале июня. В целом по опыту глубокая заделка семенного материала способствовала увеличению крахмалистости клубней сорта Розара в среднем на 0,19 %, Кузовок – на 0,35 % по сравнению с посадкой на глубину 5–6 см. Накопление нитратов в клубнях при этом снижалось на 9,2 и 4,8 % соответственно.

Библиографический список

1. Мингалев С. К. Реакция различных сортов картофеля на сроки посадки в Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2. С. 47–51.
2. Владимиров В. П., Сафин А. Влияние срока посадки на продуктивность и качество клубней картофеля сорта Каратоп в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Точки роста эффективности АПК в условиях нестабильного рынка: сборник материалов международной научно-практической конференции. Казань, 2018. С. 220–229.
3. Васильев А. А., Горбунов А. К. Влияние срока и глубины посадки на получение планируемых урожаев картофеля // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 12–17. DOI: 10.31857/S2500-26272019412-17.
4. Чамышев А. В. Агроэкологическое обоснование сроков посадки картофеля в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. 2016. № 2. С. 30–33.
5. Тютенев Е. С., Секачев А. А., Мингалев С. К. Влияние сроков посадки на урожайность сортов картофеля в условиях Среднего Урала // Молодежь и наука. 2016. № 5. С. 43.
6. Логинов Ю. П., Казак А. А., Хайруллина З. А. Урожайность раннеспелых сортов картофеля при раннем сроке посадки в северной лесостепи Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2017. № 4 (64). С. 35–39.
7. Романова И. Н., Князева С. М., Птицына Н. В., Терентьев С. Е., Карамулина И. А. Продуктивность сортов картофеля разных экотипов в зависимости от условий выращивания // Природообустройство. 2018. № 5. С. 103–108. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-5-103-108.
8. Шабанов А. Э., Киселев А. И. Комплекс агроприемов для раннего картофеля // Картофель и овощи. 2018. № 3. С. 34–36. DOI: 10.25630/PAV.2018.3.17602.

9. Шашкаров Л. Г., Самаркин А. А. Влажность почвы, динамика элементов питания и засоренность посадок в зависимости от расчетных доз удобрений, глубины посадки и подготовки клубней к посадке // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (46). С. 65–70. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-65-70.
10. Половникова В. В. Биологические особенности возбудителей болезней картофеля и меры борьбы с ними в условиях Курганской области // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2 (30). С. 23–29.
11. Слобожанина Е. А. Биологические особенности колорадского жука в условиях Курганской области и обоснование мер борьбы с ним // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 21–26.
12. Vasiliev A. A., Gorbunov A. K. Problems of Obtaining Planned Potato Harvests in the Southern Urals // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. No. 6. Pp. 510–515. DOI: 10.3103/S1068367418060186.
13. Хуснутдинов Р. Г. Формирование урожая картофеля сорта Невский при разных уровнях питания, сроках, густоте и глубине посадки на серой лесной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1991. 27 с.
14. Чекмарев П. А. Научное обоснование повышения продуктивности картофеля и разработка агротехнических приемов его возделывания в условиях лесостепи Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук. Казань, 2006. 426 с.
15. Самаркин А. А. Научно-практическое обоснование повышения продуктивности картофеля в условиях юго-востока Волго-Вятской зоны: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Чебоксары, 2019. 32 с.
16. Жукова Г. С., Писарев Б. А. Лучшие сроки и способы посадки картофеля // Картофель и овощи. 1964. № 4. С. 2–5.
17. Методика исследований по культуре картофеля. – М. : НИИКХ, 1967. 262 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. Лысенко А. Ю. Влияние биологических и химических препаратов на показатели вегетативной массы и продуктивность картофеля в Приморском крае // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12 (123). С. 3–7.
20. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Дорохина О. А., Мушинская Н. И. Разработка основных агротехнических приемов возделывания картофеля в орошаемых условиях степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 115–118.
21. Шашкаров Л. Г., Григорьев Я. М. Рост и развитие растений картофеля в зависимости от глубины посадки клубней // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (4). С. 27–31.
22. Коршунов А. В. Содержание нитратов в клубнях можно снизить // Картофель и овощи. 1987. № 6. С. 20–21.

Об авторах:

Александр Анатольевич Васильев¹, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела картофелеводства, ORCID 0000-0002-7816-0624, AuthorID 630752; +7 906 870-53-12, kartofel_chel@mail.ru
 Анатолий Константинович Горбунов¹, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, ORCID 0000-0001-5946-9936, AuthorID 717450; +7 902 611-76-09

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Productivity and photosynthetic activity of potatoes depending on the duration and depth of planting

A. A. Vasiliev¹✉, A. K. Gorbunov¹

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: kartofel_chel@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the influence of the timing and depth of planting potatoes on the photosynthetic productivity, yield and quality of tubers of varieties of different ripening in the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region. **Research methods.** The setting of field experience, analysis and generalization of research results are performed in accordance with classical methods. **Results.** The optimal time and depth of potato planting in the Chelyabinsk region was established – planting May 12–15 to a depth of 5–6 cm. This combination of agricultural methods provides the greatest photosynthetic potential (Rozara – 3.49 million m²/day, Kuzovok – 4.66 million m²/day), effective assimilation of photosynthetically active radiation (FAR assimilation coefficient: Rozara variety – 3.4 %, body weight – 3.6 %), high yield (Rozara – 35.4 t/ha, body weight – 38.3 t/ha) and the quality of potato tubers (starchiness of Rozara tubers – 16.8 %, Kuzovok – 15.84 %, starch collection per unit area 6.10 and 6.28 t/ha respectively). The late planting period (June 5–12) reduced the photosynthetic potential (Rozara varieties – by 18.7 %, Kuzovok – by 23.6 %) and the FAR coefficient (Rozara – to 2.5–2.6 %, Kuzovok – to 3.0 %). As a result, there was a decrease in the yield of the Rozara variety by 5.1–8.1 t/ha, Kuzovok – by 7.1–7.2 t/ha depending on the depth of planting and a deterioration in the quality of tubers. The dry matter content in late-planted tubers of the Rozara variety decreased by an average of 2.7 %, starch – by 2.29 %, and in the Kuzovok variety – by 2.9 and 1.83 % compared with planting in the second decade of May (accumulation nitrates in tubers increased 2.06 and 2.48 times, respectively). Planting to a depth of 5–6 cm provided an advantage in the second decade of May, and to a depth of 10–12 cm – when planting potatoes in the third decade of May and early June. **Scientific novelty.** In the conditions of the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region, the

dependence of the planting depth on the potato planting period is revealed. When planting at the optimum time (May 12–15), the best results are provided by a planting depth of 5–6 cm, while in the third decade of May and early June, the potato planting depth should be increased to 10–12 cm.

Keywords: potato, variety, planting period, planting depth, yield, tuber quality, starch, photosynthetically active radiation.

For citation: Vasiliev A. A., Gorbunov A. K. Produktivnost' i fotosinteticheskaya deyatel'nost' kartofelya v zavisimosti ot sroka i glubiny posadki [Productivity and photosynthetic activity of potatoes depending on the duration and depth of planting] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 04 (195). Pp. ... DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 05.02.2020.

References

- Mingalev S. K. Reaktsiya razlichnykh sortov kartofelya na sroki posadki v Sverdlovskoy oblasti [The reaction of various varieties of potatoes on planting dates in the Sverdlovsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 2. Pp. 47–51. (In Russian.)
- Vladimirov V. P., Safin A. Vliyaniye sroka posadki na produktivnost' i kachestvo klubney kartofelya sorta Karatop v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Influence of the planting period on the productivity and quality of tubers of the Karatop potato variety in the conditions of the forest steppe of the Middle Volga region] // Tochki rosta effektivnosti APK v usloviyakh nestabilnogo rynka: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kazan, 2018. Pp. 220–229. (In Russian.)
- Vasil'yev A. A., Gorbunov A. K. Vliyaniye sroka i glubiny posadki na polucheniye planiruyemykh urozhayev kartofelya [Effect of planting time and depth on obtaining planned potato harvests] // Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka. 2019. № 4. Pp. 12–17. DOI: 10.31857/S2500-26272019412-17. (In Russian.)
- Chamyshev A. V. Agroekologicheskoye obosnovaniye srokov posadki kartofelya v Saratovskom Pravoberezh'ye [Agroecological justification of potato planting dates in the Saratov right bank] // The Agrarian Scientific Journal. 2016. No. 2. Pp. 30–33. (In Russian.)
- Tyutenov Ye. S., Sekachev A. A., Mingalev S. K. Vliyaniye srokov posadki na urozhaynost' sortov kartofelya v usloviyakh Srednego Urala [The influence of planting dates on the yield of potato varieties in the Middle Urals] // Molodezh' i nauka. 2016. № 5. P. 43. (In Russian.)
- Loginov Yu. P., Kazak A. A., Khayrullina Z. A. Urozhaynost' rannespelykh sortov kartofelya pri rannem sroke posadki v severnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti [Productivity of early ripening potato varieties with early planting in the northern forest-steppe of the Tyumen region] // Agroproduktivnost' i politika Rossii. 2017. No. 4 (64). Pp. 35–39. (In Russian.)
- Romanova I. N., Knyazeva S. M., Ptitsyna N. V., Terent'yev S. Ye., Karamulina I. A. Produktivnost' sortov kartofelya raznykh ekotipov v zavisimosti ot usloviy vyrashchivaniya [Productivity of potato varieties of different ecotypes depending on growing conditions] // Prirodoobustroystvo. – 2018. – No. 5. – Pp. 103–108. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-5-103-108 (In Russian.)
- Shabanov A. E., Kiselev A. I. Kompleks agropriyemov dlya rannego kartofelya [Complex of agricultural practices for early potatoes] // Potato and vegetables. 2018. No. 3. Pp. 34–36. DOI: 10.25630/PAV.2018.3.17602. (In Russian.)
- Shashkarov L. G., Samarkin A. A. Vlazhnost' pochvy, dinamika elementov pitaniya i zasorennost' posadok v zavisimosti ot raschetnykh doz udobreniy, glubiny posadki i podgotovki klubney k posadke [Soil moisture, nutrient dynamics and weediness of plantings depending on the estimated doses of fertilizers, planting depth and preparation of tubers for planting] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2019. No. 2 (46). Pp. 65–70. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-65-70. (In Russian.)
- Polovnikova V. V. Biologicheskiye osobennosti vzbuditeley bolezney kartofelya i mery bor'by s nimi v usloviyakh Kurganskoy oblasti [Biological characteristics of pathogens of potato diseases and measures to combat them in the conditions of the Kurgan region] // Vestnik Kurganskoy GSKHA. 2019. No. 2 (30). Pp. 23–29. (In Russian.)
- Slobozhanina Ye. A. Biologicheskiye osobennosti koloradskogo zhuka v usloviyakh Kurganskoy oblasti i obosnovaniye mer bor'by s nim [Biological features of the Colorado potato beetle in the conditions of the Kurgan region and the rationale for measures to combat it] // Vestnik Kurganskoy GSKHA. 2019. № 1 (29). Pp. 21–26. (In Russian.)
- Vasil'ev A. A., Gorbunov A. K. Problems of Obtaining Planned Potato Harvests in the Southern Urals // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. No. 6. Pp. 510–515. DOI: 10.3103/S1068367418060186.
- Khusnutdinov R. G. Formirovaniye urozhaya kartofelya sorta Nevskiy pri raznykh urovnyakh pitaniya, srokhakh, gustote i glubine posadki na seroy lesnoy pochve: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [The formation of the Nevsky potato crop at different levels of nutrition, timing, density and depth of planting on gray forest soil: abstract of dissertation ... candidate of agricultural sciences]: Moscow, 1991. 27 p. (In Russian.)
- Chekmarev P. A. Nauchnoye obosnovaniye povysheniya produktivnosti kartofelya i razrabotka agrotekhnicheskikh priyemov yego vozdeleyvaniya v usloviyakh lesostepi Povolzh'ya: dis. ... d-ra s.-kh. nauk [The scientific rationale for increasing the productivity of potatoes and the development of agrotechnical methods for its cultivation in the conditions of the Volga forest-steppe: dissertation ... doctor of agricultural sciences. Kazan', 2006. 426 p. (In Russian.)

15. Samarkin A. A. Nauchno-prakticheskoye obosnovaniye povysheniya produktivnosti kartofelya v usloviyakh yugo-vostoka Volgo-Vyatskoy zony: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk [Scientific and practical justification for increasing potato productivity in the southeast of the Volga-Vyatka zone: dissertation ... doctor of agricultural sciences]. Cheboksary, 2019. 32 p. (In Russian.)
16. Zhukova G. S., Pisarev B. A. Luchshiyе sroki i sposoby posadki kartofelya [The best dates and methods of planting potatoes] // Potato and vegetables. 1964. No. 4. Pp. 2–5. (In Russian.)
17. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya [Methods of research on potato culture]. Moscow : NIIKKH, 1967. 262 p.
18. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field Experience Methods]. – Moscow : Agropromizdat, 1985. – 351 p. (In Russian.)
19. Lysenko A. Yu. Vliyaniye biologicheskikh i khimicheskikh preparatov na pokazateli vegetativnoy massy i produktivnost' kartofelya v Primorskom kraе [The influence of biological and chemical preparations on vegetative mass and potato productivity in Primorsky Krai] // Vestnik KrasGAU. 2016. No. 12 (123). Pp. 3–7. (In Russian.)
20. Mushinskiy A. A., Aminova Ye. V., Dorokhina O. A., Mushinskaya N. I. Razrabotka osnovnykh agrotekhnicheskikh priyomov vozdelvaniya kartofelya v oroshayemykh usloviyakh stepnoy zony Yuzhnogo Urala [Development of the main agrotechnical methods of potato cultivation in the irrigated conditions of the steppe zone of the Southern Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 4 (72). Pp. 115–118. (In Russian.)
21. Shashkarov L. G., Grigor'yev Ya. M. Rost i razvitiye rasteniy kartofelya v zavisimosti ot glubiny posadki klubney [Growth and development of potato plants depending on the depth of planting of tubers] // Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018. No. 1 (4). Pp. 27–31. (In Russian.)
22. Korshunov A. V. Soderzhaniye nitratov v klubnyakh mozno snizit' [Nitrate content in tubers can be reduced] // Potato and vegetables. 1987. No. 6. Pp. 20–21. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr A. Vasiliev¹, doctor of agricultural sciences, leading researcher at the department of potato production, ORCID 0000-0002-7816-0624, AuthorID 630752; +7 906 870-53-12, kartofel_chel@mail.ru

Anatoliy K. Gorbunov¹, senior researcher, potato department, ORCID 0000-0001-5946-9936, AuthorID 717450; +7 902 611-76-09

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia