

Научная статья
УДК 635.21:631.563
doi: 10.28983/asj.y2023i10pp14-20

Влияние фитогормона этилена на рост, развитие и урожайность картофеля

**Сергей Владимирович Андрианов, Станислав Владимирович Мальцев,
Софья Георгиевна Шишкова, Алексей Владимирович Митюшкин, Елена Валерьевна Князева**
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», Московская область,
Люберцы, Россия, e-mail: stanmalcev@yandex.ru

Аннотация. В 2021–2022 гг. в ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» проводили эксперимент по выращиванию картофеля с предварительным хранением семенных клубней в среде фитогормона этилена. Целью исследований было определение влияния обработки семенных клубней фитогормоном этиленом на рост, развитие и урожайность картофеля с учетом фона минерального питания и сортовых особенностей. Газация этиленом при концентрации 15 мл/м³ осуществлялась с ноября по конец апреля в картофелехранилище при температуре 4 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. В результате исследований установлено, что использование этилена при хранении семенного картофеля обеспечило по изученным сортам Гранд и Вымпел более раннее (на 2–3 суток) появление всходов; увеличение высоты растений на 1,5–12,4 %; увеличение числа стеблей на куст на 11,4–26,3 %; увеличение площади листовой поверхности на 5,5–11,3 %. Общая урожайность картофеля от использования этилена по сорту Гранд возросла на 5,6–12,9 % (на 1,3–1,8 т/га), по сорту Вымпел – на 5,6–27,7 % (на 1,1–3,6 т/га). Наибольшая прибавка урожайности отмечена при выращивании картофеля на фоне минерального питания N₃₀P₃₀K₄₅. Существенного влияния на выход товарных клубней обработка семян этиленом не оказала. Сорт Гранд по сравнению с сортом Вымпел оказался более отзывчивым на использование высоких доз минеральных удобрений. Установлено, что наиболее значимым фактором, обеспечившим прибавку общей урожайности на 4,2–12,4 т/га, или на 25,3–93,9 % (в зависимости от сорта и обработки этиленом), оказалась доза удобрений.

Ключевые слова: картофель; сорт; фитогормон; этилен; биометрические показатели; урожайность.

Для цитирования: Андрианов С. В., Мальцев С. В., Шишкова С. Г., Митюшкин А. В., Князева Е. В. Влияние фитогормона этилена на рост, развитие и урожайность картофеля // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 14–20. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp14-20>.

AGRONOMY

Original article

The effect of the ethylene phytohormone on the growth, development and yield of potatoes

Sergey V. Andrianov, Stanislav V. Maltsev, Sofya G. Shishkova, Alexey V. Mityushkin, Elena V. Knyazeva
Russian Potato Research Centre, Moscow region, Lyubertsy, Russia, e-mail: stanmalcev@yandex.ru

Annotation. In 2021–2022, experiment on growing potatoes with preliminary seed tubers storage in the environment of the ethylene phytohormone was conducted at the Russian Potato Research Centre. The aim of the research was to determine the influence of seed tubers treatment with phytohormone ethylene on growth, development and yield of potatoes, taking into account the preplant doses of mineral fertilizers and variety specificities. Ethylene appliance at a concentration of 15 ml/m³ was carried out in the potato storage from November till the end of April at a temperature 4 °C and a relative humidity 90-95%. As a result of research, it was found that the use of ethylene while seed potatoes storing of varieties Grand and Vympel provided the 2-3 days earlier emergence of seedlings; an increase in plant height by 1.5-12.4%; an increase in number of stems per plant by 11.4-26.3%; an increase in leaf surface area by 5.5-11.3%. The total potato yield due to ethylene appliance increased by 5.6-12.9% or 1.3-1.8 t/ha (Grand) and by 5.6-27.7% or 1.1-3.6 t/ha (Vympel). The most significant increase of yield was noted when growing potatoes with mineral fertilizers dose N₃₀P₃₀K₄₅. Ethylene seed treatment did not have a significant effect on the percentage of commercial tubers. The Grand variety, compared with the Vympel, turned out to be more responsive to the



use of high doses of mineral fertilizers. It was found that the most significant factor that provided an increase in total yield by 4.2-12.4 t/ha or by 25.3-93.9% (depending on the variety and ethylene treatment) was the dose of fertilizers.

Keywords: potato; variety; phytohormone; ethylene; biometric indicators; yield.

For citation: Andrianov S. V., Maltsev S. V., Shishkova S. G., Mityushkin A. V., Knyazeva E. V. The effect of the ethylene phytohormone on the growth, development and yield of potatoes. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(10):14–20. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp14-20>.

Введение. Свойства этилена как фитогормона известны уже более 100 лет [6]. Однако применительно к культуре картофеля и с учетом специфических требований в период хранения (температурно-влажностные режимы, использование системы активной вентиляции) применение этилена находит распространение лишь в последние годы [2, 5]. Механизм действия данного фитогормона заключается в связывании с рецепторными гистидинкиназами, изменении их конформации, инактивации комплексов рецепторов с CTR1 [10]. Это приводит к дефосфорилированию белка EIN2, отщеплению его С-концевого домена, который переносится в ядро и инициирует транскрипционный ответ этилен-зависимых генов посредством последовательной активации факторов транскрипции семейств EIN3/EIL1 и ERF [7, 8].

При постоянной экспозиции в низких концентрациях этилена (10–15 мл/м³) на клубнях образуются мелкие утолщенные, но не удлиняющиеся при последующем хранении ростки. Прекращение газации семенного картофеля этиленом за несколько дней до посадки стимулирует прорастание клубней и способствует появлению более дружных всходов за счет подавления апикального доминирования [9].

В ранее проводившихся исследованиях установлено положительное влияние обработки семенных клубней этиленом на урожайность картофеля, однако открытым остается вопрос подбора оптимальных доз удобрений, обеспечивающих более полное раскрытие биологического потенциала сорта при использовании этого приема [2].

Цель исследований – определить влияние обработки семенных клубней фитогормоном этиленом на рост, развитие и урожайность картофеля с учетом фона минерального питания и сортовых особенностей.

Методика исследований. Газация этиленом при концентрации 15 мл/м³ осуществлялась с ноября по конец апреля в картофелехранилище вместимостью 1000 т (Московская область, Шатурский район) при температуре 4 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. Использовался газогенератор фирмы Restrain (Великобритания). Выращивали картофель в 2021 и 2022 гг. на экспериментальной базе «Коренёво» (Московская область, городской округ Люберцы). Схема трехфакторного полевого опыта: фактор А – сорт картофеля: 1) Гранд (среднеспелый), 2) Вымпел (среднеспелый); фактор Б – доза удобрений при локальном внесении во время нарезки гребней: 1) N₃₀P₃₀K₄₅, 2) N₆₀P₆₀K₉₀, 3) N₉₀P₉₀K₁₃₅, 4) N₁₂₀P₁₂₀K₁₈₀; фактор В – обработка семенных клубней этиленом: 1) контроль (без обработки); 2) с обработкой.

Определение фенологических фаз развития, биометрических показателей и урожайности картофеля проводили согласно методике исследований по культуре картофеля [1]. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующей агрохимической характеристикой: рН_{KCl} = 5,2; Нг = 2,3 мг-экв./100 г почвы; S = 2,0 мг-экв./100 г почвы; V = 47,5 %; сумма N-NO₃ и N-NH₄ – 35,3 мг/кг почвы; P₂O₅ – 310 мг/кг почвы; K₂O – 106 мг/кг почвы; гумус – 1,8 %.

Предшественник – вико-овсяная смесь. Осенью проводили зяблевую вспашку (первая декада октября) МТЗ-82 с плугом ПЛН-3-35 на глубину 20–25 см. Весной – сплошную культивацию с боронованием (вторая – третья декада апреля) – КСП-4.

Минеральные удобрения (азофоска и калимагнезия) в заданных дозах вносили под нарезку гребней в середине апреля локально двумя лентами культиватором КРН-4,2 с туковысевающими аппаратами.

Сажали картофель в первой декаде мая клоновой сажалкой СН-4Б-К с шириной междурядий 75 см и густотой посадки 40 тыс. шт./га. Масса семенных клубней 80–100 г.



Уход за растениями включал в себя следующее:

междурядные обработки: две довсходовые и две после всходов с окучиванием, КРН-4,2 (май – июль);

обработки гербицидами: 1-я – Зенкор 600 г/га + Титус 30 г/га + Тренд 200 мл/га; 2-я – Титус 20 г/га + Тренд 200 мл/га (май).

Обработки фунгицидами: 1-я – Метакил 2,5 кг/га, 2-я и 3-я – Дитан 1,2–1,6 кг/га (конец июня – июль).

При появлении колорадского жука применяли инсектицид Регент 20 г/га.

Предуборочное скашивание ботвы проводили в середине августа с использованием КИР-1,5. Убирали картофель в первой декаде сентября картофелекопателем КТН-2Б с подбором клубней вручную.

Метеоусловия в годы проведения исследований (2021 и 2022 гг.) для роста и развития растений картофеля были относительно неблагоприятными. Температура воздуха как в 2021 г., так и в 2022 г. была выше среднеемноголетней нормы (на 2–3 °С). При этом отмечалось пониженное по сравнению с многолетним уровнем количество осадков, пришедшее в 2021 г. на июль, а в 2022 г. на конец мая и начало августа.

Результаты исследований. Установлено, что обработка семенных клубней при хранении этиленом в среднем за два года способствовала появлению более ранних всходов (на 2–3 суток) по сравнению с контрольным вариантом по обоим сортам на всех изученных фонах минерального питания (рис. 1).



Рис. 1. Развитие растений сорта Вымпел через 39 суток после посадки в 2022 г. на фоне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{45}$: а – контроль (без обработки); б – после обработки семян этиленом

При прочих равных факторах (сорт и вариант обработки этиленом) увеличение дозы удобрений от $N_{30}P_{30}K_{45}$ до $N_{120}P_{120}K_{180}$ также способствовало более раннему (на 1–3 суток) появлению всходов. Однако в дальнейшем влияние указанных факторов снижалось, к фазам бутонизации и цветения существенных различий между вариантами не наблюдалось.

При оценке высоты растений в фазу цветения, помимо общеизвестного влияния на этот показатель доз удобрений, выявлено также существенное влияние обработки семенных клубней фитогормоном этиленом. В среднем за 2 года наибольший прирост высоты растений от применения этилена отмечали на фоне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{45}$: по сорту Гранд – на 2,8 см (+8,5 %); по сорту Вымпел – на 4,2 см (+12,4 %). В вариантах использования более высоких доз удобрений прирост высоты растений от применения этилена был менее значительным и колебался в зависимости от сорта в пределах +1,5–3,5 % (табл. 1).



**Высота растений картофеля в зависимости от сорта, дозы удобрений
и варианта обработки семян этиленом в 2021 и 2022 гг.**

Сорт	Доза удобрений	Вариант обработки	2021 г.		2022 г.		В среднем за 2 года	
			высота растений, см	± к контролю, %	высота растений, см	± к контролю, %	высота растений, см	± к контролю, %
Гранд	N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	контроль	33,6		32,5		33,1	
		этилен	35,5	+5,6	36,3	+ 11,7	35,9	+8,5
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	контроль	39,2		39,4		39,3	
		этилен	40,4	+3,1	40,5	+ 2,8	40,5	+3,0
	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	контроль	42,1		42,3		42,2	
		этилен	42,8	+1,7	43,0	+ 1,7	42,9	+1,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	контроль	44,0		44,3		44,2	
		этилен	45,5	+3,4	45,9	+ 3,6	45,7	+3,5
Вымпел	N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	контроль	34,0		33,8		33,9	
		этилен	37,8	+11,2	38,3	+ 13,3	38,1	+12,4
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	контроль	40,5		41,0		40,8	
		этилен	41,5	+2,5	42,6	+ 3,9	42,1	+3,2
	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	контроль	41,7		42,2		42,0	
		этилен	42,3	+1,4	42,9	+ 1,7	42,6	+1,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	контроль	42,7		43,8		43,3	
		этилен	43,5	+1,9	45,5	+ 3,9	44,5	+2,8
HCP ₀₅	сорт	0,6		0,7				
HCP ₀₅	доза удобрений	0,9		1,1				
HCP ₀₅	вариант обработки	1,1		1,3				

Установлено, что число стеблей на куст возрастало в среднем за 2 года как от использования более высоких доз удобрений (на 6,1% по сорту Вымпел и на 16,7 % по сорту Гранд), так и, в еще большей степени, от применения фитогормона этилена (на 11,4 % по сорту Вымпел и 26,3 % по сорту Гранд). При этом эффективность применения этилена по показателю числа стеблей на куст в 2022 г. была значительно выше, чем в 2021 г., что связано с метеорологическими особенностями этих лет. В 2022 г. в конце мая стояла сухая жаркая погода, что негативно отразилось на фазе всходов картофеля, поэтому на контрольных вариантах отмечали небольшое число стеблей на куст. При такой «низкой базе сравнения» использование этилена в условиях 2022 г. обеспечило более существенный рост данного показателя, чем в 2021 г. Особенно сильно это проявилось на сорте Гранд. Он, хотя и относится, как и Вымпел, к среднеспелому сроку созревания, в отличие от последнего дает всходы на 4–6 суток позже и менее интенсивно, в результате чего в меньшей степени пострадал от засухи в конце мая 2022 г. С учетом вышесказанного увеличение числа стеблей на куст от применения этилена в условиях 2022 г. при выращивании картофеля сорта Гранд на фоне минерального питания N₆₀P₆₀K₉₀ достигало +50 % (табл. 2).

В начале вегетационного периода метеоусловия 2021 г. в сравнении с 2022 г. были более подходящими для роста и развития картофеля, но при наступлении засухи в июле ситуация изменилась. В результате этого 2022 г. оказался в целом благоприятнее как для формирования площади ассимиляционной поверхности, так и урожайности.

В среднем за 2 года применение этилена способствовало увеличению площади листовой поверхности по сравнению с контролем по сорту Гранд на 7,4–18,5 %; по сорту Вымпел – на 5,5–11,3 % (табл. 3). Верхние значения из указанного диапазона характерны для вариантов выращивания картофеля с использованием низких доз минеральных удобрений. При увеличении доз удобрений эффективность этилена по площади листовой поверхности в условиях проведения исследований в 2021 и 2022 гг. снижалась.

Аналогичную зависимость отмечали и при оценке как общей, так и товарной урожайности картофеля. Максимальная прибавка общей урожайности от применения этилена в среднем за





годы исследований была на вариантах с низкими дозами удобрений $N_{30}P_{30}K_{45}$ (+12,9 % по сорту Гранд и +27,7 % по сорту Вымпел) и менее существенная – на вариантах с более высокими дозами (+5,6 % по обоим сортам), табл. 4.

Таблица 2

**Число стеблей на куст в зависимости от сорта, дозы удобрений
и варианта обработки семян этиленом в 2021 и 2022 гг.**

Сорт	Доза удобрений	Вариант обработки этиленом	2021 г.		2022 г.		В среднем за 2 года	
			число стеблей на куст	± к контролю, %	число стеблей на куст	± к контролю, %	число стеблей на куст	± к контролю, %
Гранд	$N_{30}P_{30}K_{45}$	контроль	4,5		3,8		4,2	
		этилен	4,8	+6,7	5,1	+34,2	5,0	+19,3
	$N_{60}P_{60}K_{90}$	контроль	5,1		4,4		4,8	
		этилен	5,4	+5,9	6,6	+50,0	6,0	+26,3
	$N_{90}P_{90}K_{135}$	контроль	5,1		4,5		4,8	
		этилен	5,3	+3,9	6,7	+48,9	6,0	+25,0
	$N_{120}P_{120}K_{180}$	контроль	5,2		4,5		4,9	
		этилен	5,5	+5,8	6,7	+48,9	6,1	+25,8
Вымпел	$N_{30}P_{30}K_{45}$	контроль	3,4		3,2		3,3	
		этилен	3,7	+8,8	3,5	+9,4	3,6	+9,1
	$N_{60}P_{60}K_{90}$	контроль	3,5		3,2		3,4	
		этилен	3,8	+8,6	3,6	+12,5	3,7	+10,4
	$N_{90}P_{90}K_{135}$	контроль	3,5		3,3		3,4	
		этилен	3,8	+8,6	3,7	+12,1	3,8	+10,3
	$N_{120}P_{120}K_{180}$	контроль	3,6		3,4		3,5	
		этилен	3,9	+8,3	3,9	+14,7	3,9	+11,4
НСР ₀₅	сорт	0,2		0,2				
НСР ₀₅	доза удобрений	0,2		0,2				
НСР ₀₅	вариант обработки	0,3		0,3				

Таблица 3

**Площадь листовой поверхности в зависимости от сорта, дозы удобрений
и варианта обработки семян этиленом в 2021 и 2022 гг.**

Сорт	Доза удобрений	Вариант обработки этиленом	2021 г.		2022 г.		В среднем за 2 года	
			листовая поверхность, м ² /га	± к контролю, %	листовая поверхность, м ² /га	± к контролю, %	листовая поверхность, м ² /га	± к контролю, %
Гранд	$N_{30}P_{30}K_{45}$	контроль	18225		18155		18190	
		этилен	21015	+15,3	22106	+21,8	21561	+18,5
	$N_{60}P_{60}K_{90}$	контроль	24318		24638		24478	
		этилен	27675	+13,8	29200	+18,5	28438	+16,2
	$N_{90}P_{90}K_{135}$	контроль	25240		30250		27745	
		этилен	28200	+11,7	32320	+6,8	30260	+9,1
	$N_{120}P_{120}K_{180}$	контроль	26560		32088		29324	
		этилен	29380	+10,6	33580	+4,6	31480	+7,4
Вымпел	$N_{30}P_{30}K_{45}$	контроль	14970		15745		15358	
		этилен	17348	+15,9	21280	+35,1	19314	+11,3
	$N_{60}P_{60}K_{90}$	контроль	17580		25421		21501	
		этилен	18725	+6,5	27355	+7,6	23040	+7,2
	$N_{90}P_{90}K_{135}$	контроль	18260		27842		23051	
		этилен	19140	+4,8	29741	+6,8	24441	+6,0
	$N_{120}P_{120}K_{180}$	контроль	19350		29512		24431	
		этилен	20445	+5,7	31154	+5,5	25800	+5,6
НСР ₀₅	сорт	720		964				
НСР ₀₅	доза удобрений	855		1123				
НСР ₀₅	вариант обработки	882		1245				

**Урожайность картофеля в зависимости от сорта, дозы удобрений
и варианта обработки семян этиленом в 2021 и 2022 гг.**

Сорт	Доза удобрений	Вариант обработки этиленом	Общая урожайность, т/га			Прибавка, %		
			2021 г.	2022 г.	средняя	от сорта	от доз удобрений	от обработки этиленом
Гранд	N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	контроль	13,5	12,8	13,2	–	–	–
		этилен	14,8	15,0	14,9	–	–	+12,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	контроль	18,5	18,9	18,7	–	+41,7	–
		этилен	20,2	20,8	20,5	–	+37,6	+9,6
	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	контроль	20,3	26,0	23,2	–	+75,8	–
		этилен	21,5	27,5	24,5	--	+64,4	+5,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	контроль	22,8	28,4	25,6	–	+93,9	–
		этилен	24,5	30,2	27,4	–	+83,9	+7,0
Вымпел	N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	контроль	12,0	13,9	13,0	-1,5	–	–
		этилен	13,5	19,6	16,6	+11,4	–	+27,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	контроль	15,6	23,7	19,7	+5,3	+51,5	–
		этилен	16,1	25,4	20,8	+1,5	+25,3	+5,6
	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	контроль	15,8	25,9	20,9	-9,9	+60,8	–
		этилен	16,2	28,0	22,1	-9,8	+33,1	+5,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	контроль	17,5	27,7	22,6	-11,8	+73,8	–
		этилен	18,4	29,8	24,1	-12,0	+45,2	+6,6
HCP ₀₅	сорт	0,9	1,0					
HCP ₀₅	доза удобрений	1,2	1,5					
HCP ₀₅	вариант обработки	1,3	1,7					

В весовом выражении прибавка от обработки семенных клубней этиленом при выращивании картофеля на изученных фонах минерального питания составила 1,3–1,8 т/га по сорту Гранд и 1,1–3,6 т/га по сорту Вымпел. Однако для более объективных выводов об эффективности использования этилена с учетом фона минерального питания необходимы результаты полевых опытов при благоприятных метеоусловиях в вегетационный период (метеоусловия в 2021 и 2022 гг. таковыми не были).

Выход товарных клубней в зависимости от изучаемых факторов составил по сорту Гранд 90,2–94,9 %; по сорту Вымпел – 97,7–99,0 %. Разница в пределах сорта по этому показателю была обусловлена главным образом дозой удобрений (+ 2–4 % на фоне N₁₂₀P₁₂₀K₁₈₀ по сравнению с N₃₀P₃₀K₄₅). Обработка семян этиленом существенного влияния на выход товарных клубней не оказала (разница с контролем ± 0,6–1,2 %).

Установлено, что на более низких фонах питания N₃₀P₃₀K₄₅ и N₆₀P₆₀K₉₀ сорт Вымпел опережал сорт Гранд по общей урожайности до +11,4 %, а на более высоких фонах питания N₉₀P₉₀K₁₃₅ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₈₀, напротив, уступал сорту Гранд до -12,0 %. Таким образом, сорт Гранд оказался более отзывчивым на использование высоких доз минеральных удобрений.

Наиболее значимым фактором, обеспечившим прибавку общей урожайности на 4,2–12,4 т/га, или на 25,3–93,9 % (в зависимости от сорта и обработки этиленом), оказалась доза удобрений.

При оценке удельного влияния изучаемых факторов на общую урожайность картофеля установлено, что значимость обработки семян этиленом в 2021 г. составляла 2,7 %, в 2022 г. – 4,5 % (табл. 5). Применение удобрений как фактор имело значительно большее влияние: в 2021 г. – 58,1 % и в 2022 г. – 87,0 %

Таблица 5

**Влияние изучаемых факторов отдельно и во взаимодействии
на урожайность картофеля**

Год	Удельное влияние факторов на урожайность, %						
	сорт А	доза удобрений Б	обработка семян этиленом В	АБ	АВ	БВ	АБВ
2021	31,0	58,1	2,7	5,5	0,2	0,1	0,1
2021	2,5	87,0	4,5	3,5	0,2	0,6	0,4





Разница во влиянии фактора сорта (31,0 % в 2021 г. и 2,5 % в 2022 г.) объясняется спецификой условий вегетации 2021 г., при которой наиболее полно проявились сортовые особенности картофеля в условиях засухи в критическую фазу развития растений (на июль пришлась фаза бутонизации – начала цветения, сопровождающаяся активным клубнеобразованием). Как известно, в таких случаях последующие осадки не могут компенсировать недостаток влаги. В 2022 г., несмотря на засуху в начале и в конце вегетационного периода, условия роста растений в критическую фазу развития (июль) были одинаковыми и благоприятными. Поэтому фактор сорта повлиял на формирование конечного урожая в гораздо меньшей степени, чем в 2021 г. По этой же причине урожайность картофеля в 2022 г. при прочих равных факторах была в 1,3–1,5 раза выше, чем в 2021 г.

Заклучение. Использование этилена при хранении семенного картофеля обеспечило по изученным среднеспелым сортам Гранд и Вымпел более раннее (на 2–3 суток) появление всходов; увеличение высоты растений на 1,5–12,4 %; увеличение числа стеблей на куст на 11,4–26,3 %; увеличение площади листовой поверхности на 5,5–11,3 %. В результате общая урожайность картофеля от использования этилена по сорту Гранд возросла на 5,6–12,9 % (или на 1,3–1,8 т/га), по сорту Вымпел – на 5,6–27,7 % (или на 1,1–3,6 т/га). Наибольшая прибавка урожайности отмечена при выращивании картофеля на фоне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{45}$. Существенного влияния на выход товарных клубней обработка семян этиленом не оказала (разница с контролем $\pm 0,6$ – $1,2$ %). Исследования показали, что сорт Гранд по сравнению с сортом Вымпел оказался более отзывчивым на использование высоких доз минеральных удобрений. Установлено, что наиболее значимым фактором, обеспечившим прибавку общей урожайности на 4,2–12,4 т/га, или на 25,3–93,9 % (в зависимости от сорта и обработки этиленом), оказалась доза удобрений.

Работа выполнена по госзаданию в рамках темы плана НИР FNRZ-2019-0006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Мальцев С. В., Андрианов С. В., Митюшкин А. В. Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования // *Картофель и овощи*. 2021. № 3. С. 29–33.
3. Мальцев С. В. Об эффективности обработки семенных клубней картофеля этиленом // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 1. С. 44–53. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.44ru.
4. Методика исследований по культуре картофеля / Н. А. Андрияшина [и др]. М.: ВНИИКХ, 1967. 263 с.
5. Briddon A. Research Review: The use of ethylene for sprout control. British Potato Council. 2006. Ref: R279. 29 p.
6. Grierson D. 100 years of ethylene – a personal view. The Plant Hormone Ethylene // *Annual Plant Reviews*. Wiley Online Library. 2012. No. 44. P. 1–17. DOI: 10.1002/9781118223086.ch1.
7. Ju C., Chang C. Advances in ethylene signaling: protein complexes at the endoplasmic reticulum membrane // *AoB Plants*. 2012. Pls. 031. DOI: 10.1093/aobpla/pls031.
8. Lacey R. F., Binder B. M. How plants sense ethylene gas – The ethylene receptors // *J. Inorg. Biochem*. 2014. No. 133. P. 58–62. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.
9. Schaller G. Ethylene and the regulation of plant development // *BMC Biol*. 2012. No. 10(1). P. 9.
10. Vandenbusshe F., Vaseva I., Vissenberg K., Van Der Straeten. Ethylene in vegetative development: a tale with a riddle // *New Phytol*. 2012. No. 194(4). P. 898–909.

REFERENCES

1. Dospikhov B. A. Methodology of field experiment. 5th edition, reprint. and additional. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
2. Maltsev S. V., Andrianov S.V., Mityushkin A.V. Efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses. *Potato and vegetables*. 2021;(3):29–33. (In Russ.).
3. Maltsev S. V. Efficiency of ethylene application on seed potato tubers. *Agricultural Biology*. 2021;56(1):44–53. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.44ru. (In Russ.).
4. Methods of research on potato culture / N. A. Andryushina et al. Moscow: VNIKH\$ 1967. 263 p. (In Russ.).
5. Briddon A. Research Review: The use of ethylene for sprout control. British Potato Council. 2006. Ref: R279. 29 p.
6. Grierson D. 100 years of ethylene – a personal view. The Plant Hormone Ethylene. *Annual Plant Reviews*. Wiley Online Library. 2012;(44):1–17. DOI: 10.1002/9781118223086.ch1.
7. Ju C., Chang C. Advances in ethylene signaling: protein complexes at the endoplasmic reticulum membrane. *AoB Plants*. 2012. Pls 031. DOI: 10.1093/aobpla/pls031.
8. Lacey R. F., Binder B. M. How plants sense ethylene gas – The ethylene receptors. *J. Inorg. Biochem*. 2014;(133): 58–62. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.
9. Schaller G. Ethylene and the regulation of plant development. *BMC Biol*. 2012;10(1):9.
10. Vandenbusshe F., Vaseva I., Vissenberg K., Van Der Straeten. Ethylene in vegetative development: a tale with a riddle. *New Phytol*. 2012;194(4):898–909.

Статья поступила в редакцию 13.02.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 05.06.2023. The article was 13.02.2023; approved after 25.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.