

Применение полимерных гелей при производстве корнеплодов моркови столовой

The use of polymer gels in the production of carrot root crops

Янченко А.В., Федосов А.Ю., Меньших А.М.,
Азопков М.И., Голубович В.С.

Yanchenko A.V., Fedosov A.Yu., Menshikh A.M.,
Azopkov M.I., Golubovich V.S.

Аннотация

Abstract

Полимерные гидрогели (суперабсорбирующий полимер) представляют собой водоудерживающий, биоразлагаемый аморфный полимер, который может поглощать и удерживать воду, по крайней мере, в 400 раз превышающую его первоначальный вес, и постепенно отдает не менее 95% накопленной воды, доступной для поглощения растениями. Цель исследования – изучить возможность использования ресурсосберегающей технологии производства моркови столовой на профилированной поверхности в условиях отсутствия полива с использованием полимерных агрогелей. Исследования проведены в 2017–2019 годах во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Почвы опытного участка относятся к типу аллювиальных луговых насыщенных почв. Объект исследований – столовая морковь в неорошаемых условиях Москворецкой поймы. Работу проводили с сортом моркови Роял Форто. Использовали отечественный полимер акриламид влагопоглощающий марки АК-639, который следует применять при нарезке гребней в количестве 17,5 г/м² на глубину 5–10 см. Варианты опыта: 1) контроль (без обработки), 2) обработка полиакриламидом (17,5 г/м²). Площадь опыта – 0,07 га, делянки – 84 м², учетной делянки – 42 м², повторность трехкратная. Семена высеваемых культур соответствовали ГОСТ 32592–2013 «Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортные и посевные качества. Общие технические условия». При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками. Добавление влагопоглощающих полимеров в почву задерживает испарение воды и отток за счет гравитации, тем самым делая воду доступной для растений в верхних слоях почвы, создавая благоприятные условия для роста и развития растений в течение более длительного периода времени, снижая зависимость от кратковременных засух, повышая урожайность стандартных корнеплодов моркови на 20,61% по отношению к варианту без применения полимерных гелей. В среднем за 2017–2019 годы урожайность стандартных корнеплодов сорта моркови Роял Форто в условиях без полива с применением полимерных водоудерживающих гелей составила 50,9 т/га, без применения агрогелей – 42,2 т/га.

Polymer hydrogels (superabsorbent polymer) are a water-retaining, biodegradable amorphous polymer that can absorb and retain water at least 400 times its original weight, and gradually gives away at least 95% of the accumulated water available for absorption by plants. The purpose of the research is to study the possibility of using resource-saving technology for the production of carrots and beets on a profiled surface in the absence of irrigation using polymer agrogels. The research was carried out in 2017–2019 at the ARRIVG – branch of FSBSI FSVC. The soils of the experimental site belong to the type of alluvial meadow saturated soils. The object of research is carrots in non-irrigated conditions of the Moskvoresky floodplain. The work was carried out with the Royal Forto carrot variety. On carrot crops, the domestic polymer acrylamide moisture-absorbing brand AK-639 was used, which should be used when cutting combs in an amount of 17.5 g/m² to a depth of 5–10 cm. Experience options: 1) control (without application), 2) treatment with polyacrylamide (17.5 g/m²). The area of the experiment is 0.07 ha, plots – 84 m², accounting plots – 42 m², the repetition is threefold. The seeds of the sown crops corresponded to GOST 32592–2013 «Seeds of vegetable, melon crops, fodder root crops and fodder cabbage. Varietal and sowing qualities. General technical conditions». When conducting research, we were guided by generally accepted methods. The addition of moisture-absorbing polymers to the soil delays the evaporation of water and outflow due to gravity, thereby making water available to plants in the upper layers of the soil, creating favorable conditions for the growth and growth of plants for a longer period of time, reducing dependence on short-term droughts, increasing the yield of standard carrot root crops by 20.61% relative to the non-use option polymer gels. On average, in 2017–2019, the yield of standard carrot root crops of the Royal Forto variety in conditions without irrigation with the use of polymer water-retaining gels was 50.9 t/ha, without the use of agrogels – 42.2 t/ha.

Key words: technology, carrot, field generation, absorbents, moisture retention.

For citing: The use of polymer gels in the production of carrot root crops. A.V. Yanchenko, A.Yu. Fedosov, A.M. Menshikh, M.I. Azopkov, V.S. Golubovich. Potato and vegetables. 2023. No 1. Pp. 20–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.24.74.001> (In Russ.).

Ключевые слова: технология, морковь, полевая всхожесть, абсорбенты, удержание влаги.

Для цитирования: Применение полимерных гелей при производстве корнеплодов моркови столовой / А.В. Янченко, А.Ю. Федосов, А.М. Меньших, М.И. Азопков, В.С. Голубович // Картофель и овощи. 2023. №1. С. 20–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.24.74.001>

Недостаток воды для орошения – один из основных ограничивающих факторов, влияющих на рост и развитие растений, урожайность и качество овощной продукции. Добавление влагопоглощающих полимеров в почву задерживает испарение воды и отток за счет гравитации, тем самым делая

воду доступной для растений в верхних слоях почвы, создавая благоприятные условия для произрастания и роста растений в течение более длительного периода времени.

Полимерные гидрогели (суперабсорбирующий полимер) представляют собой водоудерживающий, биоразлагаемый аморфный полимер,

который может поглощать и удерживать воду, по крайней мере, в 400 раз превышающую его первоначальный вес, и постепенно отдает не менее 95% накопленной влаги, доступной для поглощения растениями. Когда такой гель смешивается с почвой, то при гидратации образует аморфную желеобразную массу и медленно вы-

деляет воду в соответствии с потребностью корней растений.

В овощеводстве идеально подходят для применения только полимеры (суперабсорбенты) гидрофильного типа. Химический состав этих полимеров включает: сшитый акриламид, полиакрилаты натрия, сшитый акриламид (полиакрилаты калия), крахмал (сополимеры акрилата), акрилонитрил.

Поперечное сшивание в полимерах, по-видимому, способствует увеличению запасов воды, доступной для растений, в дополнение к действию физического барьера на пути оттока воды из геля [1]. Такие типы полимеров различаются общим количеством воды, абсорбированной на грамм материала, размером и распределением частиц, реакцией на соленость, а также стоимостью. Полимеры могут абсорбировать чрезвычайно большое количество дистиллированной воды (в 1000 раз превышающее их массу), но в полевых условиях гидратация редко превышает их массу в 400–500 раз из-за уровня солености воды. По мере увеличения концентрации ионов в воде степень гидратации полимера уменьшается [2].

Размер частиц в пределах конкретного полимера и среди типов полимеров варьирует от 5 мкм до 2 мм. Большинство полимеров, предназначенных для овощеводства, производят в соответствии со следующими критериями: увеличение водоудерживающей способности почвы, увеличение размера/количества пор в почве, увеличение выживаемости трансплантата, увеличение скорости прорастания семян, а также уменьшение или смягчение воздействия уплотнения почвы на рост растений. Кроме того, некоторые производители заменили натрий на калий в своих продуктах для снижения фитотоксичности. Полимеры теряют от 10 до 15% своей активности каждый год [3].

На орошаемой почве гидрогель увеличивает интервалы полива [4]. Величина этого увеличения зависит от физического состояния почвы, климата региона и коэффициента использования суперабсорбента в почве. По своему рН, близкому к нейтральному, суперабсорбенты не имеют вредных свойств и не считаются токсичными для почвы. Также через 4–7 лет, в зависимости от типа и состава почвы, они уничтожаются микроорганизмами и не вызывают загрязнения окружающей среды. Помимо удержания воды, суперабсорбенты за счет непрерывно-

го изменения объема (расширение при надувании и сжатие при потере воды) увеличивают количество воздуха в почве [5].

Рекомендации, основанные на академических и промышленных исследованиях, указывают на то, что внесение сухих полимеров как в рассыпку, так и в ряды, приводит к значительному повышению влажности верхних слоев почвы и повышению урожайности, по сравнению с культурами, которые выращивают без применения полимеров. Большая разница между двумя способами нанесения заключается в стоимости и общем количестве необходимого полимера. Странники распространения полимера рекомендуют применение от 68 до 362 кг на 0,4 га с заделкой на глубину от 15 до 20 см. Для наложения полимера в борозду при пересадке растений требуется всего 6,8 кг на 0,4 га, при максимальном внесении – 18 кг на 0,4 га. Первоначальные исследования с нанесением полимера полосами в борозду также показали, что общие потребности в питательных веществах для конкретной культуры могут быть снижены, поскольку полимер увеличивает запас питательных веществ в почве и повышает эффективность поглощения растениями [6].

Применение гидрогеля «Аквасорс» в составе почвенной смеси при выращивании рассады овощных культур (томата, перца и баклажана) в последствии способствовало экономии воды на 21,1–30,1% и повышению рентабельности на 72,4–123,7% [6]. Также изучена эффективность использования накопителей влаги (гидрогелей) при локальном внесении в семеноводстве капусты белокочанной, моркови столовой и лука репчатого [7, 8].

Продуктивность овощных культур часто также ограничивается неблагоприятными физическими и химическими свойствами почвы, такими как низкая скорость инфильтрации, а также недостаточной влагоудерживающей способностью и небольшой емкостью катионного обмена. В частности, способность удерживать воду и питательные вещества песчаных и водопроницаемых почв крайне ограничена. Эти типы почв характеризуются чрезмерным отводом дождевой и оросительной воды, а также вымыванием питательных веществ ниже корневой зоны [9, 10], что приводит к неэффективному использованию воды и удобрений для овощных культур. Эти условия усугубляются у культур с мелкой корневой систе-

мой при отсутствии обеспечения полива водой в условиях производства.

Цель исследований – изучить возможность использования ресурсосберегающей технологии производства моркови столовой на профилированной поверхности в условиях отсутствия полива с использованием полимерных агрогелей.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2017–2019 годах в ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Объект исследований – столовая морковь в неорошаемых условиях Москворецкой поймы. Работу проводили с сортом моркови Роял Форто. Использовали отечественный полимер акриламид влагопоглощающий марки АК-639, который следует применять при нарезке гребней в количестве 17,5 г/м² на глубину 5–10 см [9, 10]. Варианты опыта: 1) контроль (без обработки), 2) обработка полиакриламидом (17,5 г/м²).

Почвы опытного участка – аллювиальные луговые, среднесуглинистые, окультуренные, влагоемкие, глубина пахотного слоя – 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя почвы 29,5–30,3%, слоя почвы 40–60 см – 30,0–31,3%. Объемная масса верхнего слоя – 1,18–1,22 т/м³, нижележащих слоев – 1,22–1,24 т/м³. Плотность твердой фазы почвы (удельная масса) – 2,58–2,60 т/м³. Сквашность почвы оптимальная для с.-х. культур и колеблется по слоям от 52,1 до 55,0%.

По природно-мелиоративному районированию место исследований относится к южной лесной зоне европейской провинции в центральной части Русской равнины и входит во влажную зону. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 136 дней, минимальная – 98, максимальная – 182. Среднегодовая температура воздуха – 3,8 °С. Среднегодовое количество осадков за год – 593 мм, в том числе за май-сентябрь – 296 мм. Погодные условия в годы проведения исследований в целом были благоприятными для роста и развития моркови столовой.

Посев проводили сеялкой Gaspardo. Глубина посева на гребнях – 2–3 см (с нормой высева, рекомендованной для столовой моркови 1,0 млн всхожих семян на гектар). Площадь опыта – 0,07 га, делянки – 84 м², учетной делянки – 42 м², повторность трехкратная. Семена вы-

Таблица 1. Влияние применения суперабсорбента на динамику густоты стояния моркови столовой, тыс. шт. на 1 га (среднее за 2017–2019 годы)

Вариант	Период проведения измерений, суток после посева						
	15	20	25	30	35	40	45
Контроль	95	231	342	468	479	477	502
Полиакриламид (17,5 г/м ²)	352	443	571	677	679	688	690
HCP ₀₅	21,5						

Таблица 2. Влияние внесения влагоудерживающего полимера на урожайность столовой моркови сорта Роял Форто (среднее за 2017–2019 годы)

Вариант	Густота стояния в период уборки корнеплодов, тыс. шт/га	Урожайность корнеплодов, т/га		Выход товарной продукции, %
		общая	стандартная	
Контроль	486,8	56,3	42,2	75,0
Полиакриламид (17,5 г/м ²)	649,2	61,8	50,9	82,4
HCP ₀₅	57,41	4,1	2,6	–

севаемых культур соответствовали ГОСТ 32592–2013 «Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортные и посевные качества. Общие технические условия».

При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками.

Результаты исследований

Посев семян – критический процесс в растениеводстве, так как он влияет на качество и количество урожая. Посев особенно важен для овощных культур, чьи семена меньше и менее выносливы, чем семена других с.-х. культур. Качество посева связано с физическим воздействием сеялки на семена и распределением семян в почве.

Когда гидрогель смешивается с почвой, он образует ассоциативную аморфную желатиноподобную

массу при гидратации и помогает абсорбции и десорбции в течение длительного времени. То есть, действует, как медленное высвобождение воды в почве. Частицы гидрогеля также рассматриваются как «миниатюрный резервуар для воды» в почве, и вода будет отделяться от этих резервуаров через разницу осмотического давления. Из-за значительно уменьшения объема гидрогеля по мере того, как вода высвобождается в растение, гидрогель через определенные промежутки времени образует в почве свободный объем пор, обеспечивая дополнительное пространство для аэрации почвы, создания капилляров, снижения плотности почвы и препятствует образованию почвенной корки. Следовательно, полимер гидрогеля обеспечивает эффективную передачу свойств в виде медленно высвобождающейся основы воды и растворенных удобрений

в почве. Сохранение воды с помощью гидрогеля создает буферную среду, эффективную при краткосрочной засухе и сокращении потерь влаги верхнего слоя почвы за счет оттока влаги под действием гравитационных сил [11].

На опытно-участке для сравнения через каждые 10 суток после посева проводили отбор образцов почвы с глубины пахотного слоя 5–10 см (рис.). Содержание влаги в образцах на фоне полива было ниже, чем на фоне с применением полимерного геля для удержания влаги в верхних слоях почвы. Под действием абсорбента периодическое негативное влияние засух было частично нивелировано запасом влаги, которую удерживал полимерный гель, внесенный перед посевом.

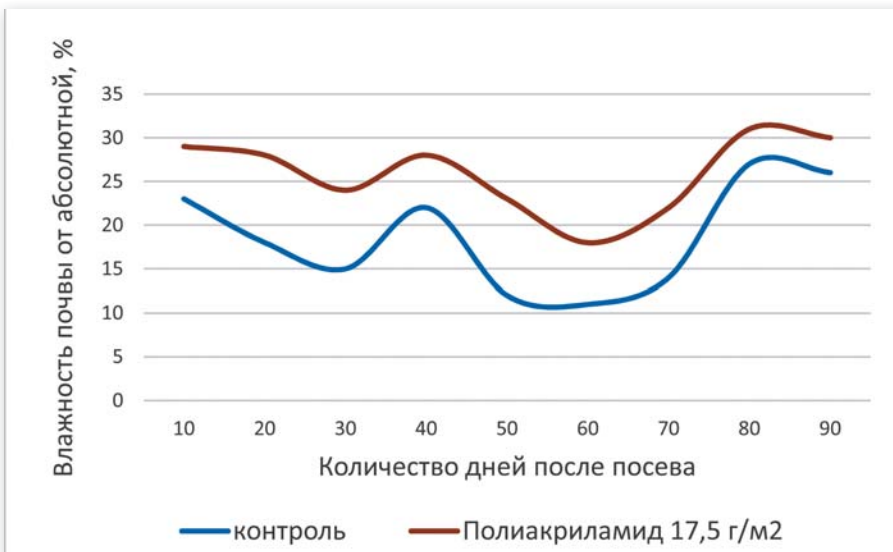
Динамика появления всходов и формирования густоты стояния растений моркови на варианте с внесением полиакриламида в среднем за период 2017–2019 годов была существенно выше фона без внесения гидрогеля (табл. 1). Внесение полимерного геля создавало более благоприятные условия для роста и развития растений моркови столовой, особенно на ранних этапах развития, снижая дефицит влаги, необходимой для начала роста растений в верхних слоях почвы.

К периоду уборки густота стояния на вариантах с внесением полимерного влагоудерживающего геля была существенно выше контрольного варианта (без внесения) на 33,4%.

Прибавка урожая корнеплодов от внесения влагопоглощающего полимера составила 9,77% по отношению к контролю. При этом урожайность стандартных корнеплодов от применения влагопоглощающего полимера увеличилась до 50,9 т/га, что на 20,61% выше варианта без внесения (табл. 2). Это свидетельствует о том, что применение полимера за счет формирования оптимального воздушно-водного режима способствует созданию условий для получения большего количества стандартных корнеплодов и увеличению выхода стандартных корнеплодов в общем урожае.

Выводы

Таким образом, добавление влагопоглощающих полимеров в почву задерживает испарение воды и отток за счет гравитации, тем самым делая воду доступной для растений в верхних слоях почвы, создавая благоприятные условия для роста и развития



Изменение влажности почвы на глубине почвы 5–10 см (среднее за 2017–2019 годы)

растений в течение более длительного периода времени, снижая зависимость от кратковременных засух, повышая урожайность стандартных корнеплодов моркови на 20,61% по отношению к варианту без применения полимерных гелей. В среднем за 2017–2019 годы урожайность стандартных корнеплодов сорта моркови Роял Форто в условиях без полива с применением полимерных вододерживающих гелей составила 50,9

т/га, без применения агрогелей – 42,2 т/га.

Преимущества внесения полимера в почву или искусственную среду включают: увеличение влагоудерживающей способности, увеличение размера и количества пор, увеличение запасов питательных веществ в почве и уменьшение уплотнения почвы. Используемый полимер создает буфер влаги в верхних слоях почвы, выделяет воду и питательные

вещества для растений, когда почва, окружающая корневую зону растений, начинает высыхать. Увеличение урожайности и повышение выхода стандартных корнеплодов происходит за счет создания благоприятных условий для роста и развития, создаваемых за счет внесения полимерных абсорбентов, удерживающих влагу и постепенно отдающих ее.

Библиографический список

1. Evans I.S., Bowman D.C. The effectiveness of hydrogels in container plant production is reduced by fertilizer salts // *Foliage Dig.* 1990. №3. Pp. 3–5.
2. Nirmala A., Thirupathiah G. Hydrogel superabsorbent polymer for water and nutrient management in horticultural crops – review // *International Journal of Chemical Studies.* 2019. Vol.7(5). Pp. 787–795.
3. Allahdady I. Examining application effects of super absorbent hydrogels on reducing drought stress in plants // *Pakistan journal of biological sciences.* 2002. Vol.1(23). Pp. 4190–4196.
4. Kabiri R. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels // *Iranian Polymer Journal.* 2005. Vol.17(6). Pp. 451–477.
5. Orzolek M.D. Reduction of nitrogen requirement for vegetable production with polymers // *Proc. 23rd Natl. Agr. Plastics Congr.* 1991. Vol.23. Pp. 204–210.
6. Акобян А.А. Экономическая эффективность применения влагосберегающего гидрогеля Аквасорс в технологии возделывания рассады овощных культур // *Агронаука.* 2015. №7–8. С. 270–273.
7. Эффективность применения накопителей влаги в семеноводстве двухлетних овощных культур / А.П. Зведенюк, В.И. Казаку, Д.Ф. Фучеджи, А.Г. Жмурко // *Овощеводство и тепличное хозяйство.* 2017. №11. С. 42–47.
8. Околева А.А. и др. Применение гидрогеля в почвах: монография. Волгоград: ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива», 2016. 104 с.
9. Азопков М.И. Полиакриламид повышает полевую всхожесть семян и урожай моркови в неорошаемых условиях // *Картофель и овощи.* 2012. №7. С. 21.
10. Гуменный В.А. Гидрогель, внесенный в почву, – залог высокого урожая свеклы // *Картофель и овощи.* 2012. №1. С. 12–13.
11. Инновационные технологии орошения овощных культур / А.Ю. Федосов, А.М. Меньших, М.И. Иванова, А.А. Рубцов. М.: «Ким Л.А.», 2021. 306 с.

References

1. Evans I.S., Bowman D.C. The effectiveness of hydrogels in container plant production is reduced by fertilizer salts. *Foliage Dig.* 1990. No3. Pp. 3–5.
2. Nirmala A., Thirupathiah G. Hydrogel superabsorbent polymer for water and nutrient management in horticultural crops – review. *International Journal of Chemical Studies.* 2019. Vol.7(5). Pp. 787–795.
3. Allahdady I. Examining application effects of super absorbent hydrogels on reducing drought stress in plants. *Pakistan journal of biological sciences.* 2002. Vol.10(23). Pp. 4190–4196.
4. Kabiri R. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels. *Iranian Polymer Journal.* 2005. Vol.17(6). Pp. 451–477.
5. Orzolek M.D. Reduction of nitrogen requirement for vegetable production with polymers. *Proc. 23rd Natl. Agr. Plastics Congr.* 1991. Vol.23. Pp. 204–210.
6. Akobyan A.A. Economic efficiency of the use of moisture-saving hydrogel Aquasors in the technology of cultivation of seedlings of vegetable crops. *Agronauka.* 2015. No7–8. Pp. 270–273 (In Russ.).
7. Effectiveness of moisture storage in seed production of two-year-old vegetable crops. A.P. Zvedenyuk, V.I. Kazaku, D.F. Fuchedzhi, A.G. Zhmurko. *Vegetable growing and greenhouse farming.* 2017. No11. Pp. 42–47 (In Russ.).
8. Okolelova A.A. et al. Application of hydrogel in soils: monograph. Volgograd. IPK FGBOU VO Volgograd GAU "Niva". 2016. 104 p.
9. Azopkov M.I. Polyacrylamide increases field germination of seeds and carrot yield in non-irrigated conditions. *Potato and vegetables.* 2012. No7. P. 21. (In Russ.).
10. Gumennyi V.A. Hydrogel introduced into the soil is the key to a high beet harvest. *Potato and vegetables.* 2012. No1. Pp. 12–13 (In Russ.).
11. Innovative technologies of irrigation of vegetable crops. A.Yu. Fedosov, A.M. Men'shikh, M.I. Ivanova, A.A. Rubtsov. Moscow. "Kim L.A.". 2021. 306 p. (In Russ.).

Об авторах

Янченко Алексей Владимирович, канд. с.-х. наук, в.н.с. отдела промышленных технологий и инноваций. E-mail: laboratoria2008@yandex.ru

Федосов Александр Юрьевич, н.с. отдела промышленных технологий и инноваций. E-mail: ffeed@rambler.ru

Меньших Александр Михайлович, канд. с.-х. наук, в.н.с. отдела промышленных технологий и инноваций. E-mail: soulsunnet@gmail.com

Азопков Максим Игоревич, канд. с.-х. наук, в.н.с. отдела промышленных технологий и инноваций. E-mail: max.az62@yandex.ru

Голубович Виктор Сергеевич, канд. с.-х. наук, с.н.с. отдела промышленных технологий и инноваций. E-mail: ded44@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

Author details

Yanchenko A.V., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow, Department of Technology and Innovation. E-mail: laboratoria2008@yandex.ru

Fedosov A.Yu., junior research fellow, Department of Technology and Innovation. E-mail: ffeed@rambler.ru

Men'shikh A.M., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow of Department of Technology and Innovation, ARRIVG – branch of FSCVG. E-mail: soulsunnet@gmail.com

Azopkov M.I., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow, Department of Technology and Innovation. E-mail: max.az62@yandex.ru

Golubovich V.S., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow, Department of Technology and Innovation. E-mail: ded44@yandex.ru

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI Federal Research Vegetable Center (ARRIVG – branch of FSBSI FSVC)