

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

О.Н. КУРДЮКОВА

(Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина)

Приведены результаты многолетних полевых опытов, заложенных на двух типах почв: черноземных и каштановых. Представлены показатели средней семенной продуктивности более чем 50 видов сорных растений, произрастающих на этих почвах, указана продолжительность жизнеспособности семян, заложенных в слое 0–30 см почвы, качество семян при послойном их размещении в почве, на ее поверхности и при хранении в условиях сухого складского помещения. Выявлено, что самой высокой семенной продуктивностью отличались яровые ранние и зимующие сорные растения на черноземных почвах (более 50 тыс. шт. семян с растения). Установлено, что данные семена сохраняли жизнеспособность в почве от 3 до 6 лет (23 вида) или более 6 лет – 20 видов, и только 3 вида – менее 3 лет. На каштановых почвах семенная продуктивность большинства сорных растений снижалась на 11–26% по сравнению с черноземами. Потеря жизнеспособности семян происходила более интенсивно на каштановых почвах, чем на черноземных. Установлено, что самая низкая жизнеспособность семян на обоих типах почв отмечалась при многолетнем пребывании их на поверхности почвы: через 5 лет она не превышала 12–15%, а через 10 лет – 2–3%, тогда как при расположении в слое 0–10 см черноземных почв она достигала соответственно 36 и 18%, а на каштановых снижалась сильнее и не превышала 26 и 10%. В нижележащих слоях почвы, 10–20 и 20–30 см, более высокая жизнеспособность семян сорных растений оставалась на каштановых почвах.

Ключевые слова: виды сорняков, качество семян, слой почвы, черноземы, каштановые почвы

Введение

Высокая семенная продуктивность и продолжительная жизнеспособность семян сорных растений, попадающих в почву, – важнейшие биологические особенности, которые всегда способствовали сохранению вида, обуславливали значительную засоренность полей и являлись главным препятствием в повышении культуры земледелия [10, 15, 18].

В последние годы вследствие неправильной обработки почвы, несвоевременных уходов за посевами, нарушения структуры посевов и севооборотов отмечено значительное увеличение обилия сорных растений в степных агрофитоценозах за счет высокой семенной продуктивности и продолжительной жизнеспособности их семян в почве. Засоренность посевов во много раз превышала критические пороги и составляла от 2,0 до 5,0 тыс. шт/м² всходов сорных растений [5, 18].

Средняя семенная продуктивность разных видов сорных растений достигала от 16–97 шт. до 154–198 тыс. шт. с одного растения, а общее число семян с 1 м² – от 7,7 до 449 тыс. шт. [5]. По другим данным, семенная продуктивность ряда сорных растений достигала 600–700 тыс. и даже 1,7–2,0 млн шт. семян с растения, а урожайность семян превышала 90–110 г/м² [13].

Чужеродные инвазионные виды сорных растений во многих случаях были более конкурентоспособными, чем аборигенные, отличались более интенсивным ростом, развитием, высокой всхожестью семян, вследствие чего вытесняли аборигенные виды с естественных растительных сообществ [1, 3].

Семенная продуктивность таких чужеродных видов, как *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Oenothera biennis* L. и др., была выше в 2–3 раза, чем при тех же условиях в аборигенных видах [1, 2, 16].

Аналогичным образом завезенный с Евразии в штат Юта (США) *Agropyron desertorum* превосходил по семенной продуктивности аборигенный вид *Agropyron spicatum* в 70 раз [20].

После уборки урожая сельскохозяйственных культур от 63 до 92% семян сорных растений попадало в почву. В течение многих десятков и даже сотен лет они сохраняли жизнеспособность, не одновременно, в течение продолжительного времени прорастали и являлись источником высокой актуальной засоренности полей [5, 8]. Причем семена многих видов сорных растений сохраняли жизнеспособность в почве в течение более длительных сроков, чем в условиях сухого хранения в лабораториях или складах [9].

Ряд полевых наблюдений свидетельствовал о том, что погруженные в почву семена *Cirsium arvense* (L.) Scop. сохраняли жизнеспособность в течение 20 лет, *Thlaspi arvense* L. – в течение 30, *Convolvulus arvensis* L. – 50, *Medicago lupulina* L. – 70, *Lotus corniculatus* L. – 80, *Anthyllis macrocephala* Wender. – в течение 90 лет, а семена *Chenopodium* sp., *Amaranthus* sp., *Ranunculus* sp., хранящиеся в почве в герметично закрытых сосудах или глиняных горшках, – до 3 тыс. лет [13, 17].

Чаще всего указывалось, что семена большинства сорных растений сохраняли жизнеспособность в почве за счет толстой оболочки, непроницаемой для воды [15]. У многих других типов семян, не имеющих непроницаемой оболочки, высокая жизнеспособность связана, очевидно, с высокой концентрацией в почве углекислого газа [17]. Некоторые исследователи связывали утрату жизнеспособности семян с их разнокачественностью, старением и цитоплазматическими аномалиями, разрушением РНК, снижением содержания витаминов, жиров, сахаров, интенсивности синтеза белка [14].

Среди запасов жизнеспособных семян сорных растений, произрастающих на черноземных и каштановых почвах, самые большие накопления формировали представители семейств *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae*, *Poaceae* и др. [5, 18].

На различных типах почвы жизнеспособность семян разных видов сорных растений также является неодинаковой и обуславливалась не только наличием у них толстой водо- и воздухонепроницаемой семенной или плодовой оболочки, веществ, задерживающих прорастание, морфологической неоднородностью развития зародыша, химико-физиологическими процессами, протекающими в нем, но и температурным режимом, увлажнением, механическим и химическим составом почвы, микробиологической активностью, глубиной расположения семян в почве и рядом других факторов [8, 10, 15, 18].

В черноземных почвах Лесостепной зоны и Северной Степи отмечалась более интенсивная потеря жизнеспособности семян в слоях 10–20 и 20–30 см, тогда как в черноземных почвах Южной Степи, каштановых почвах Засушливой Степи и в бурых почвах Калмыкии – на поверхности и в слое 0–10 см [12, 18].

По утверждению большинства гербологов, размеры накопления семян в почве на обрабатываемых землях в наибольшей степени определялись семенной продуктивностью сорных растений и интенсивностью обработки почвы [5]. В то же время предполагалось наличие в почве стабилизирующего механизма, который препятствует неограниченному накоплению жизнеспособных семян в пахотном слое почвы [9]. Семена сорных растений, находящиеся в почве, отмирали постепенно, а темпы отмирания оставались постоянными, равномерными и зависели от видового состава семян.

При этом отмирание семян происходило равномерно во всех слоях почвы, а глубина залегания семян в почве не оказывала заметного влияния на жизнеспособность семян [10, 19]. Поэтому имеющиеся в настоящее время в литературе показатели семенной продуктивности и жизнеспособности семян различных видов сорных растений

весьма противоречивы и неоднозначны, что связано, очевидно, с различными почвенно-климатическими условиями в местах проведения исследований и глубиной размещения семян в почве. Нередко они приводились для видов, не произрастающих на черноземных и каштановых почвах или произрастающих в прошлом и в настоящее время не встречающихся. Для новых видов, обнаруженных в последние 30–40 лет, таких данных нет. К тому же жизнеспособность семян установлена лишь для 8–12% видов сорных растений, произрастающих на черноземных и каштановых почвах [5, 10].

Цель исследований: установить показатели семенной продуктивности наиболее распространенных сорных растений и жизнеспособности их семян в зависимости от глубины залегания и времени пребывания в черноземных и каштановых почвах.

Материал и методика исследований

Полевые опыты проводились в течение 2008–2022 гг. на двух типах почв: черноземных и каштановых. Опытные участки на черноземах обыкновенных тяжело-суглинистых располагались на стыке Приазовской слабо засушливой сельскохозяйственной зоны Ростовской области и Крынско-Нагольчанского сельскохозяйственного района Луганской области, которые относятся к Северной Степи (47°51'13»N, 39°05'18»E). Средневзвешенное содержание гумуса в слое 0–30 см составило в этих почвах 4,3%, валового азота – 0,23–0,24%, легкогидролизуемого – 112–114 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 106–108 мг/кг, обменного калия – 138–140 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора отмечалась в пределах 7,0–7,2. Наименьшая влажность почвы составляла 27–29%, влажность увядания – 1112%, объемная масса почвы – 1,27–1,30 г/см³, пористость – 56–57%.

Климат района исследований – континентальный умеренно засушливый. Среднегодовая сумма осадков составляла 456 мм, в том числе за апрель–октябрь – 322 мм. Среднегодовая температура воздуха составляла 8,8 °С, самого теплого месяца, июля – 22,4 °С, самого холодного, января, – минус 6,6 °С, сумма температур выше 5 °С – 3465 °С, продолжительность периода с температурами выше 5 °С – 268 сут., ГТК – 0,9.

Опытные участки на каштановых тяжело-суглинистых среднесолонцеватых почвах были заложены в Присивашском агропочвенном районе Засушливой Степи (45°50'00»N, 34°31'40»E). Средневзвешенное содержание гумуса в слое почвы 0–30 см составило 1,9%, валового азота – 0,12–0,13%, легкогидролизуемого – 88–92 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 189–194 мг/кг, обменного калия – 915–922 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора отмечалась в пределах 7,8–7,9. Наименьшая влажность почвы составляла 25–26%, влажность увядания – 14–15%, объемная масса почвы – 1,36–1,39 г/см³, пористость – 49–50%. Климат Присивашья – умеренно жаркий, засушливый. Средняя сумма осадков за год составляла 360 мм, в том числе за апрель–октябрь – 216 мм. Среднегодовая температура воздуха составляла 10,4 °С, самого теплого месяца, июля, – 25,1 °С, самого холодного, января, – минус 2,1 °С, сумма температур выше 5° – 3800 °С, продолжительность периода с температурами выше 5 °С – 290 сут., ГТК – 0,6.

Для определения жизнеспособности семена сорных растений урожая 2008 г., собранные в районах закладки опытов, по 100 шт., предварительно смешав с подготовленной почвой, осенью 2008 г. поместили в пластиковые сетчатые капсулы без дна, равномерно распределив по всему объему капсулы с последующим послойным извлечением их с 0–10, 10–20, 20–30 см слоя, подсчетом и анализом по каждому слою и в целом в слое 0–30 см. Капсулы закапывали на глубину 30 см, располагая вертикально, верхней частью вровень с поверхностью почвы. Семена каждого вида были заложены в 20 капсул в 4-кратной повторности.

Определение жизнеспособности семян сорных растений проводили методом набухания, используемого для определения мелкосемянных культурных растений и основанного на разной скорости набухания живых и мертвых семян, так как широко используемые методы окрашивания [7] или рентгенографии [11] не обеспечивали достоверных результатов в силу малых размеров и твердости семян сорных растений. Определение осуществляли ежегодно весной, извлекая из почвы по 1 капсуле с каждой повторности. Затем семена отмывали водопроводной водой и помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 0,5%-ным раствором NaOH, и выдерживали при температуре 20 ± 2 °C в течение 45 мин. Набухшие нежизнеспособные семена отделяли от ненабухших жизнеспособных. Определение твердых семян с числа жизнеспособных проводили путем погружения их на 1 ч в стаканчик с раствором щелочи при температуре 58 ± 2 °C. Твердые семена и после этого оставались ненабухшими [7].

Жизнеспособными считали живые семена независимо от того, находились они в состоянии покоя или нет. Число жизнеспособных семян выражали в процентах от общего количества в каждой капсуле.

В другом опыте, для определения качества семян в зависимости от условий хранения, их закладывали на поверхности почвы и в слой почвы 0–30 см послойно через каждые 10 см. Контролем служили семена, которые хранились в условиях сухого складского помещения при естественной температуре воздуха. Через 1 год, 5 и 10 лет определяли всхожесть семян путем проращивания их в течение 30 сут. при температуре 24 ± 2 °C на почве, увлажненной до 75% от наименьшей влагоемкости. Всхожими считали все проросшие семена, а покоящимися – те, которые не прорастали, не набухли и не изменили внешнего вида.

Семенную продуктивность сорных растений определяли ежегодно в производственных посевах на 50–100 экземплярах путем прямого подсчета с каждого растения или взвешивания семян с каждого растения, отбором 2–3 навесок, определения массы и числа семян в каждой из них и с последующим пересчетом числа семян на растении. Средняя семенная продуктивность определялась как частное от деления суммы числа семян всех учетных растений на число учетных растений в ряду определений. Учетная площадь делянок составляла от 16 до 100 м². Форма учетных делянок в посевах пропашных культур – прямоугольная, зерновых колосовых, зернобобовых, овощных и кормовых – квадратная [4, 6].

Для контроля засоренности производственных посевов и динамики видового состава сорных растений семена их отбирали буром конструкции ВНИИ кукурузы рано весной через каждые 10 см в слое 0–30 см почвы из 5–10 скважин на площадях до 50 га и 15–20 скважин – свыше 50 га. Из средних образцов семена сорных растений отмывали на ситах с диаметром отверстий 0,25 мм с последующим подсчетом их в каждом образце и пересчетом числа семян на 1 м² путем деления среднего количества семян в каждом образце, шт., на площадь бура, см², умножения полученного числа на 10 тыс. и на поправочный коэффициент объемной массы почвы.

Ошибки средних арифметических показателей величины семенной продуктивности и наименьшую существенную разность (НСР) устанавливали с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что в настоящее время никакие меры контроля сорных растений на обрабатываемых землях не обеспечивают долговременного снижения актуальной засоренности посевов. Главная причина этого – высокая потенциальная засоренность

почвы семенами сорных растений. Она на 90–92% формируется за счет огромной семенной продуктивности растений, произрастающих на данном поле. Так, в Северной Степи в 7 видов она превышала 50 тыс., в 6 видов – от 10 до 50 тыс., в 15 видов – от 1 до 10 тыс. шт. семян с растения. Наши расчеты показали, что при малолетнем типе засоренности и наличии в посевах культурных растений 25–45 шт/м² различных видов сорных растений на поверхность поля ежегодно осыпалось и поступало в почву 18,9–24,3 тыс. шт/м² семян сорняков.

Во время пребывания в почве все семена сорных растений подвергались воздействию различных метеорологических, физических, химических и биотических факторов, но несмотря на это, не теряли жизнеспособности и обеспечивали появление всходов и присутствие их в посевах культурных растений. При этом период, в течение которого семена сохраняли жизнеспособность в черноземных почвах, у разных видов сорных растений был неодинаковым (табл. 1).

По способности сохранять жизнеспособность в почве на глубине 0–30 см семена сорных растений нами условно распределены между тремя группами: сохраняли жизнеспособность не более 2 лет; от 3 до 6 лет; более 6 лет. В черноземных почвах к видам первой группы отнесены *B. tectorum*, *B. secalinus*, *G. aparine*; ко второй группе – 23 вида (*E. canadensis*, *G. parviflora*, *S. loeselii* и др.); к третьей – 20 видов (*A. artemisiifolia*, *C. arvense*, *E. crus-galli* и др.).

Полученные нами результаты, характеризующие семенную продуктивность и жизнеспособность семян сорных растений в черноземной почве, для ряда видов отличались от описанных в литературе [10, 13]. Так, семенная продуктивность *A. artemisiifolia* в сеgetальных биотопах указывалась на уровне 16–88 тыс., тогда как по нашим учетам – 7,3 тыс.; *Echinochloa crus-galli* – 6–14 и 4,8 тыс. соответственно; *C. xanthiifolia* – 93–1791 и 64,1 тыс.; *S. vulgaris* – 3–10 и 2,0 тыс.; *B. secalinus* – 1,0–5,0 тыс. и 498 шт.; и т.д. Это, очевидно, объясняется разной плотностью сорных растений в ценопопуляциях и неодинаковыми антропогенными воздействиями на растения в агрофитоценозах.

Жизнеспособность семян в черноземных почвах в *S. arvensis* по данным литературным [8, 10] составляет 4–5 лет, а по нашим данным – 8 лет; *C. regalis* – соответственно 4–5 и 7 лет; *L. tatarica* 3–4 и 7 лет; *S. vulgaris* – 8–10 и 3 года; *V. arvensis* – 10–12 и 8 лет. В *A. artemisiifolia* всхожесть семян при нахождении в почве в течение 40 лет указывалась на уровне 16–18% [13], тогда как в наших опытах жизнеспособность семян уже после 10 лет нахождения в почве снижалась до 9,3%. Такие различия связаны, очевидно, с различными методиками закладки и хранения семян (в герметично закупоренных стеклянных бутылках, цветочных горшках, капроновых пакетах, железных трубках и др.), неодинаковыми физико-химическими свойствами почвы и условиями на обрабатываемых и необрабатываемых землях.

Максимальной семенной продуктивностью и жизнеспособностью семян (более 6 лет) в черноземных почвах, как правило, характеризовались однолетние яровые и зимующие сорные растения *A. retroflexus*, *A. albus*, *C. album*, *E. crus-galli*, *P. oleracea*, *T. arvense* и др., вследствие чего представляли наибольшую угрозу для степного земледелия. К тому же обследование полей в районе проведения исследований показало, что в последние годы в почве увеличивались запасы семян таких карантинных видов, как *A. artemisiifolia*, *C. pentagona*, *O. cumana*, жизнеспособность которых превышала 10 лет. Если в 2008 г. в слое почвы 0–30 см число их не превышало 1,6 тыс. шт/м², то в 2022 г. достигло 34,0 тыс. шт/м². Они, как правило, постоянно присутствовали в посевах, особенно пропашных культур (86–100%), активно распространялись и удерживались в полях полевых и овощных севооборотов, причиняли разносторонний и ощутимый вред культурным растениям на данном типе почвы.

Таблица 1

Жизнеспособность семян, %, различных видов сорных растений в зависимости от продолжительности хранения в черноземной почве, 2009–2022 гг.

Вид сорного растения	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Aegilops cylindrica</i>	38±3	38	11	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus albus</i>	95471±6037	100	93	75	59	31	16	12	8,3
<i>Amaranthus retroflexus</i>	65449±3340	100	90	66	53	27	14	10	6,9
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	7288±693	86	83	72	54	23	9,3	4,1	0,2
<i>Bromus secalinus</i>	498±56	48	9,3	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus tectorum</i>	96±10	53	6,4	0	0	0	0	0	0
<i>Buglossoides arvensis</i>	213±19	87	62	9,0	0	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	482±37	83	51	18	0	0	0	0	0
<i>Cenchrus longispinus</i>	316±24	93	60	9,0	0	0	0	0	0
<i>Ceratocephala orthoceras</i>	103±7	37	16	0,3	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	109056±9302	98	75	62	48	30	12	10	9,0
<i>Cirsium arvense</i>	4763±518	76	61	43	25	8,5	3,0	1,6	1,0
<i>Consolida regalis</i>	35036±2807	79	63	22	6,3	0	0	0	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	977±84	85	73	31	17	3,2	2,0	1,8	1,1
<i>Cuscuta pentagona</i>	19654±2064	75	72	59	34	17	3,6	2,1	0,7
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	64072±5013	93	81	42	8,4	0	0	0	0
<i>Descurainia sophia</i>	51860±4944	98	95	28	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	4759±503	86	79	46	17	5,1	1,4	0,5	0
<i>Erigeron canadensis</i>	29160±2134	68	60	31	4,5	0	0	0	0
<i>Euphorbia virgata</i>	93±10	72	55	23	2,3	0	0	0	0
<i>Fagopyrum tataricum</i>	82±9	74	33	2,0	0	0	0	0	0
<i>Fallopia convolvulus</i>	51±6	96	61	17	0	0	0	0	0
<i>Fumaria schleicheri</i>	128±11	91	53	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	10200±1106	93	84	12	1,1	0	0	0	0
<i>Galium aparine</i>	183±23	54	18	0	0	0	0	0	0

Вид сорного растения	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Lactuca serriola</i>	2137±194	90	53	3	0	0	0	0	0
<i>Lactuca tatarica</i>	1087±120	87	46	11	3,5	0	0	0	0
<i>Lamium stepposum</i>	921±72	64	38	10	0	0	0	0	0
<i>Medicago lupulina</i>	1891±177	94	90	64	27	19	11	10	8,4
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	216±23	83	70	41	27	5,8	0	0	0
<i>Orobanche cumana</i>	104057±8162	82	77	66	44	24	2,1	1,8	1,0
<i>Portulaca oleracea</i>	7378±803	85	80	40	18	5,6	3,0	0,4	0,3
<i>Raphanus raphanistrum</i>	2034±303	97	33	5.1	0	0	0	0	0
<i>Senecio vulgaris</i>	1978±204	76	45	0	0	0	0	0	0
<i>Setaria pumila</i>	4927±621	68	53	35	16	9,2	1,7	0,2	0,1
<i>Setaria viridis</i>	6017±509	83	51	13	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i>	5992±601	89	70	36	9.2	0,9	0	0	0
<i>Sisymbrium loeselii</i>	53505±4996	94	93	56	3.3	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	16229±1280	92	72	58	21	7,0	1,1	0,6	0,2
<i>Sonchus arvensis</i>	4912±623	74	66	18	0	0	0	0	0
<i>Stellaria media</i>	497±38	76	62	21	0,3	0	0	0	0
<i>Thlaspi arvense</i>	2522±241	94	92	74	70	42	18	13	9,3
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	39975±2846	91	80	23	7,0	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i>	352±44	78	44	5,1	0	0	0	0	0
<i>Viola arvensis</i>	82±9	90	83	62	40	6,6	0	0	0
<i>Xanthium albinum</i>	119±17	100	86	60	6,1	0	0	0	0

В то же время виды сорных растений, семена которых обладали непродолжительной жизнеспособностью в почве, быстро вытеснялись из агрофитоценозов и не представляли угрозы посевам культурных растений. Поэтому распространенные ранее *Agrostemma githago* L., *Ammi majus* L., *Brassica rapa* subsp. *oleifera* (DC.) Metzg., *Lithospermum officinale* L., *Picris hieracioides* L. и др. в настоящее время в посевах не встречаются или встречаются весьма редко, а *A. cylindrica*, *F. convolvulus*, *F. schleicheri*, *P. rhoeas* и др. – редко или спорадически.

Незначительное присутствие в почве семян *C. arvense*, *E. canadensis*, *L. serriola*, *L. tatarica*, *S. Arvensis* при огромной семенной продуктивности связано с расходом их на заселение новых территорий или невозможностью семенного возобновления под пологом материнских растений.

В Засушливой Степи сорные растения отличались несколько меньшей семенной продуктивностью, а потеря жизнеспособности семенами в каштановых почвах при нахождении в слое 0–30 см происходила более интенсивно, чем в черноземных. Уже через 2 года после попадания в почву полностью теряли жизнеспособность 6 видов. Большая часть видов (30) сохраняла жизнеспособность в течение 3–6 лет, и лишь 8 видов – более 10 лет (табл. 2).

Таблица 2

Жизнеспособность семян, %, различных видов сорных растений в зависимости от продолжительности хранения в каштановой почве, 2009–2022 гг.

Виды	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Aegilops cylindrica</i>	31±4	65	33	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus blitoides</i>	23454±2203	100	93	62	40	19	10	8,1	8,0
<i>Amaranthus retroflexus</i>	65396±4012	100	91	60	47	30	8,5	7,6	5,3
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5075±613	90	81	65	40	21	10	7,0	3,5
<i>Bromus tectorum</i>	95±8	64	1,5	0	0	0	0	0	0
<i>Buglossoides arvensis</i>	219±24	91	56	17	0	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	367±41	98	64	22	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	98687±7160	99	86	73	48	24	9,3	8,5	6,3
<i>Cirsium arvense</i>	4751±490	72	53	35	24	11	2,3	1,5	0,8
<i>Cenchrus longispinus</i>	274±32	86	53	5,3	0	0	0	0	0
<i>Centaurea diffusa</i>	874±72	96	82	28	0	0	0	0	0
<i>Consolida regalis</i>	28056±1988	69	51	11	1,7	0	0	0	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	983±84	86	70	30	20	5,1	0	0	0
<i>Cuscuta pentagona</i>	12345±1167	78	74	52	40	10	0	0	0
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	53352±4100	96	85	54	8,8	0	0	0	0
<i>Cynanchum acutum</i>	193±17	73	71	23	0	0	0	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	2063±211	34	1,8	0	0	0	0	0	0
<i>Descurainia sophia</i>	48533±3017	92	83	19	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2621±197	91	83	56	15	3,3	0	0	0

Виды	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Erigeron canadensis</i>	24217±2505	60	51	30	0	0	0	0	0
<i>Fallopia convolvulus</i>	37±3	90	53	0,5	0	0	0	0	0
<i>Fumaria schleicheri</i>	103±8	94	49	0	0	0	0	0	0
<i>Galium aparine L.</i>	162±15	65	18	0	0	0	0	0	0
<i>Heliotropium europaeum</i>	7193±548	98	93	71	60	30	16	12	7,0
<i>Holosteum umbellatum</i>	281±32	68	17	0	0	0	0	0	0
<i>Kali tragus</i>	584±61	83	68	26	8,3	11	0	0	0
<i>Lactuca serriola</i>	1375±138	83	44	0	0	0	0	0	0
<i>Lactuca tatarica</i>	677±55	89	62	21	1,8	0	0	0	0
<i>Lamium stepposum</i>	937±68	69	49	5,5	0	0	0	0	0
<i>Lepidium draba</i>	34211±1720	88	76	11	0	0	0	0	0
<i>Medicago lupulina</i>	1093±84	98	94	74	34	20	8,8	8,0	5,0
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	223±20	80	64	34	12	0	0	0	0
<i>Orobanche cumana</i>	105177±9994	92	80	70	48	31	10	7,9	4,3
<i>Papaver rhoeas</i>	8554±721	75	22	0	0	0	0	0	0
<i>Portulaca oleracea</i>	5881±605	90	82	20	11	5,3	0	0	0
<i>Rhaponticum repens</i>	2857±253	76	71	60	44	18	14	11	8,4
<i>Senecio vulgaris</i>	1420±133	62	20	0	0	0	0	0	0
<i>Setaria pumila</i>	3147±295	84	75	43	10	7,5	0	0	0
<i>Setaria viridis</i>	3991±309	80	44	15	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i>	4392±344	89	70	36	9,2	0,9	0	0	0
<i>Sisymbrium loeselii</i>	28986±2126	96	81	48	0	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	9756±877	94	73	50	20	3,8	0	0	0
<i>Thlaspi arvense</i>	1860±184	100	92	75	63	42	18	12	6,6
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	21978±1726	93	84	18	0	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i>	372±40	77	40	0,3	0	0	0	0	0
<i>Xanthium albinum</i>	196±14	98	74	37	0,5	0	0	0	0

На обрабатываемых каштановых почвах вследствие высокой семенной продуктивности и жизнеспособности семян ряд видов сорных растений, главным образом яровых поздних (*A. artemisiifolia*, *A. blitoides*, *A. retroflexus*, *C. album*, *H. europaeum*, *M. lupulina*), а также многолетних: *A. repens*, *C. arvense* и др., – составляли 52–74% потенциальной засоренности пахотного слоя почвы и от 36 до 100% актуальной засоренности посевов.

С явлением накопления жизнеспособных семян в почве тесно связано распространение в посевах ряда новых видов сорных растений. Так, многие виды, относящиеся в настоящее время к сеgetальным или сеgetально-рудеральным, ранее были распространены только на необрабатываемых землях. Например, семена *C. xanthiifolia*, *L. draba*, *E. canadensis* ранее нами и другими исследователями [5, 10] в почве обрабатываемых земель не обнаруживались, а спустя 10 лет назад нами выявлены по краям полей, 5 лет назад – на расстоянии 100–300 м от края полей, в настоящее время – равномерно по полям в количестве, соответственно, 6–48, 62–84 и 92–137 шт/м².

Некоторые виды сорных растений, недавно появившиеся в агрофитоценозах каштановых почв, несмотря на менее продолжительную жизнеспособность семян (до 5–6 лет), но высокую семенную продуктивность также интенсивно накапливались в почве, создавая значительные проблемы защиты посевов от их присутствия. Так, *C. xanthiifolia*, *T. inodorum*, *E. canadensis*, *S. nigrum* и др. формировали в среднем от 9,8 до 53,3 тыс. шт. семян на одном растении и при жизнеспособности их в почве до 5–8 лет увеличили свое присутствие в полях за последние 10 лет в 4,5–19,5 раза.

Семена *B. tectorum*, *G. aparine*, *H. umbellatum*, *P. rhoeas* и др. в каштановых почвах полностью теряли свою жизнеспособность и разрушались в течение 1–2 лет. Их присутствие в посевах культурных растений можно объяснить только высокой семенной продуктивностью и заносом диаспор извне с органическими удобрениями, посевным материалом, сельскохозяйственными машинами или орудиями и др.

Существенно изменялась жизнеспособность семян сорных растений и в зависимости условий хранения. Так, естественные условия хранения на поверхности и в толще почвы выявились как менее благоприятные, чем условия сухого складского помещения. Самой низкой жизнеспособностью обладали семена, которые находились на поверхности почвы, особенно каштановой, где семена подвергались интенсивному воздействию переменных температур, влажности почвы, механическим и химическим воздействиям, провоцирующим их прорастание, переход ко вторичному покою или вызывающим полную или частичную гибель. В почве в течение первого года увеличивалось число всхожих и мертвых семян, но несколько уменьшалось таких, которые находились в состоянии покоя. Жизнеспособность семян сорных растений, находящихся в почве в течение года, обуславливалось главным образом наличием экзогенного органического покоя, так как в структуре семян твердокаменные составляли 66–84%.

Основные же изменения качественного состава семян сорных растений в почве происходили в последующие годы (табл. 3).

При многолетнем пребывании в почве жизнеспособность семян сорных растений оказалась более высокой, чем на поверхности почвы. Уже через 5 лет пребывания на поверхности черноземной почвы жизнеспособными оставалось лишь 15%, а на каштановых – 12% семян, тогда как в почве на глубине 0–10 см – соответственно 36 и 26% семян, в том числе 10–14% всхожих. Гибель семян за этот период на поверхности почвы достигала 46%, а в слое почвы 0–10 см – 40–43%. В то же время в слоях почвы 10–20 и 20–30 см, несмотря на резкое снижение жизнеспособности семян, достигающее на черноземной почве на 50–56%, а на каштановой – 44–45%, число всхожих и покоящихся семян оставалось высоким и составляло, соответственно, 10–16 и 19–22%. Наличие покоящихся семян определялось вынужденным покоем, связанным главным образом с отсутствием благоприятных условий для их прорастания. При отвальной обработке почвы они извлекались на поверхность почвы и вызывали повышенную актуальную засоренность посевов.

**Влияние условий и продолжительности хранения
на качество семян сорных растений, %, 2009–2018 гг.**

Условия хранения семян	Через 1 год		Через 5 лет		Через 10 лет	
	всхожие	в покое	всхожие	в покое	всхожие	в покое
В черноземной почве						
В хранилище (контроль)	80	11	39	28	13	27
На поверхности почвы	53	8	5	10	1	2
В почве на глубине 0–10 см	62	14	14	22	6	12
В почве на глубине 10–20 см	60	12	5	11	2	3
В почве на глубине 20–30 см	48	12	4	6	1	2
НСР ₀₅	4,3	1,8	5,1	5,4	2,8	4,0
В каштановой почве						
В хранилище (контроль)	77	9	41	25	12	26
На поверхности почвы	50	8	3	9	0	2
В почве на глубине 0–10 см	60	9	10	16	3	7
В почве на глубине 10–20 см	57	9	9	13	4	10
В почве на глубине 20–30 см	56	8	7	12	1	4
НСР ₀₅	3,9	0,7	2,6	2,9	1,5	2,8

В последующие 5 лет отмечалось дальнейшее снижение жизнеспособности семян. Количество мертвых семян после 10 лет пребывания на поверхности и в толще черноземной почвы достигало 82–97%, каштановой почвы – 86–98%. Из оставшихся в слое 0–30 см почвы жизнеспособных семян на черноземных почвах всхожими были 1–6%, на каштановых – 1–3%, а еще от 2 до 12% – в состоянии покоя, и при отвальной обработке почвы они могли создавать проблемы в системе их контроля.

Таким образом, большинство видов сорных растений отличались высокой семенной продуктивностью и длительным периодом сохранения жизнеспособности, что обеспечивало им высокую потенциальную и актуальную засоренность агрофитоценозов. На каштановых почвах семенная продуктивность большинства сорных растений ниже, чем на черноземных, а потеря жизнеспособности семян происходила более интенсивно. Самая низкая жизнеспособность семян на обоих типах почв отмечалась при многолетнем пребывании их на поверхности почвы. При расположении семян в слое 0–10 см черноземных почв жизнеспособность семян через 5 достигала 36%, через 10 лет – 18%, а на каштановых снижалась сильнее и не превышала, соответственно, 26 и 10%. В нижележащих слоях почвы (10–20 и 20–30 см) более высокая жизнеспособность семян сорных растений оставалась на каштановых почвах.

Выводы

Преобладающее большинство сорных растений обладают чрезвычайно высокой семенной продуктивностью, достигающей 51,9–109,1 тыс. шт. семян с 1 растения. После поступления в почву большая часть их как в черноземных, так и каштановых почвах, сохраняет жизнеспособность в течение 3–6 лет. Жизнеспособность семян тем выше, чем менее они подвержены атмосферным воздействиям и перемещениям во время обработки почвы. Самой высокой жизнеспособностью обладают семена, которые находятся в слоях почвы 0–10 и 10–20 см, а самой низкой – семена, находящиеся на поверхности почвы.

В каштановых почвах потеря жизнеспособности происходит более интенсивно, чем в черноземных.

Различная жизнеспособность семян, находящихся на поверхности почвы и в различных ее слоях, характеризует явление их послойного качественного состава, что обуславливает неодинаковую засоренность посевов при различных способах обработки почвы.

Семена сорных видов растений, характерных для черноземных или каштановых почв, дольше остаются жизнеспособными, чем семена новых чужеродных видов, не связанных с данными типами почв, но за счет высокой семенной продуктивности отмечается увеличение запасов семян и присутствия в посевах *A. artemisiifolia*, *C. pentagona*, *O. cumana*, *C. xanthiifolia*, *E. canadensis* и др. Семена *B. tectorum*, *G. aparine*, *H. umbellatum*, *P. rhoeas* и др. теряли свою жизнеспособность в течение 2–3 лет. Их присутствие в посевах культурных растений можно объяснить только высокой семенной продуктивностью и заносом диаспор извне с органическими удобрениями, посевным материалом, сельскохозяйственными машинами или орудиями и др.

Сохранение жизнеспособности семян сорных растений в почве в течение первого года обусловлено наличием экзогенного органического покоя. В структуре жизнеспособных семян твердокаменные составляли 66–84%, а в последующие 5 лет – эндогенным вынужденным покоем, то есть отсутствием благоприятных условий для их прорастания.

Библиографический список

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун. Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). — М.: ГЕОС, 2009. — 502 с.
2. Гладунова Н.В., Варгом Е.В., Ханугин А.А. *Oenothera biennis* L. (Onagraceae) в Республике Мордовия (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. — 2013. — № 4. — С. 17–26.
3. Гладунова Н.В., Ханугин А.А., Варгом Е.В. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) в Республике Мордовия (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. — 2016. — № 1. — С. 41–52.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: Учебник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
5. Курдюкова О.Н., Конопля Н.И. Семенная продуктивность и семена сорных растений: Монография. — СПб.: Свое издательство, 2018. — 200 с.
6. Курдюкова О.Н., Тыщук Е.П. Методика определения семенной продуктивности сорных растений // Растительные ресурсы. — 2019. — Т. 55, № 1. — С. 130–138.
7. Леурда И.Г., Бельских Л.В. Определение качества семян: М. — М.: Колос, 1974. — 100 с.

8. Манько Ю.П., Малиборский И.И., Крисько Ю.Ф. // Жизнеспособность семян сорняков. – Защита растений: Межведомственный тематический научный сборник. – 2020. – № 74. – С. 20–21.
9. Марков М.В. Популяционная биология растений: М. – М.: Товарищество научный изданий КМК, 2012. – 387 с.
10. Матюха Л.А. Жизнеспособность семян сорных и культурных растений в черноземах Степи Украины // Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института кукурузы. – 1979. – № 52. – С. 65–69.
11. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Архипов М.В. Рентгенография семян овощных культур: М. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 207 с.
12. Санжеев В.В., Нидюлин В.Н., Пюрвенов Ч.А. Полевая всхожесть плодов солянки восточной (*Salsola orientalis*) в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы XII Международной научной конференции. – М.: РУДН, 2016. – С. 349–351.
13. Фисюнов А.В. Справочник по борьбе с сорняками. – М.: Колос, 1976. – 176 с.
14. Bhatt A., Santo A. Germination and recovery of heteromorphic seed of *Atriplex canescens* (Amaranthaceae) under increasing salinity // *Plantecology*. – 2016. – V. 217 (9). – Pp. 1069–1079.
15. Cauwer B., Devos R., Claerhout S., Bulcke R. & Reheul D. Seed dormancy, germination, emergence and seed longevity in *Galinsoga parviflora* and *G. Quadriradiata* // *Weed Research*. – 2014. – Vol. 54. – Pp. 38–47.
16. Crespo M., Pena-Martin, Becker A., Dressler S. Type designation for *Cyclachaena xanthiifolia* (*Euphrosyne C. xanthiifolia*) (*Heliantheae, Asteraceae*) // *Phytotaxa*. – 2015. – № 197 (2). – Pp. 132–138.
17. Gomez R., Liebman M., Munkvold G. Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems // *Weed Research*. – 2014. – Vol. 54 (1). – Pp. 13–25.
18. Hosseini P., Karimi H., Babaei S., Mashhadi H.R. & Oveisi M. Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance // *Crop Protection*. – 2014. – Vol. 64. – Pp. 1–6.
19. Maqsood Q., Abbas R.N., Khaliq A., Zahir Z.A. Weed Seed Bank Dynamics: Weed Seed Bank Modulation Through Tillage and Weed Management // *Planta Daninha*. – 2018. – Vol. – № 36. – Pp. 1–8.
20. Pyke D.A. Comparative demography of co-occurring introduced and native tussock grasses: persistence and potential expansion // *Oecologia*. – 1990. – Vol. 82 (4). – P. 537–543.

SEED PRODUCTIVITY AND VIABILITY OF WEED SEEDS IN VARIOUS SOIL TYPES

O.N. KURDYUKOVA

(Pushkin Leningrad State University)

The results of long-term field experiments on two types of soils (chernozem and kastanozems) are presented. The indicators of average seed productivity of more than 50 species of weeds growing in these soils are presented. The duration of the viability of seeds planted in a 0–30 cm soil layer, the quality of seeds during their layer-by-layer placement in the soil, on its surface and during storage in a dry warehouse is indicated. It was revealed that early spring and wintering weeds in chernozem soils had the highest seed productivity (more than 50 thousand seeds per plant). It was established that these seeds remained viable in the soil from 3 to 6 years (23 species), more

than 6 years (20 species), and less than 3 years (only 3 species). In kastanozems soils, the seed productivity of most weeds decreased by 11–26% compared to chernozems. The loss of seed viability occurred more intensively in kastanozems soils than in chernozem soils. It was established that the lowest viability of seeds on both types of soils was observed during their long-term stay on the soil surface: after 5 years it did not exceed 12–15%, and after 10 years – 2–3%, while in the 0–10 cm layer of chernozem soils, it reached 36 and 18%, respectively, and in kastanozems soils it decreased more strongly and did not exceed 26 and 10%. In the lower soil layers, 10–20 and 20–30 cm, higher viability of weed seeds remained in kastanozems soils.

Key words: weed species, seed quality, soil layer, chernozems, kastanozems soils.

References

1. Vinogradova Yu.K., Mayorov S.R., Khorun L.V. Chernaya kniga flory Sredney Rossii: (Chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii) [Black Book of Flora of Central Russia: (Alien Plant Species in Ecosystems of Central Russia)]. Moscow: GEOS, 2009: 502. (In Rus.)
2. Gladunova N.V., Vargot E.V., Khapugin A.A. *Oenothera biennis* L. (Onagraceae) v Respublike Mordoviya (Rossiya) [*Oenothera biennis* L. (Onagraceae) in the Republic of Mordovia (Russia)]. Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy. 2013; 4: 17–26. (In Rus.)
3. Gladunova N.V., Khapugin A.A., Vargot E.V. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) v Respublike Mordoviya (Rossiya) [*Bidens frondosa* L. (Asteraceae) in the Republic of Mordovia (Russia)]. Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy. 2016; 1: 41–52. (In Rus.)
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow: Agropromizdat, 1985: 351. (In Rus.)
5. Kurdyukova O.N., Konoplya N.I. Semennaya produktivnost' i semena sornykh rasteniy: monografiya. [Seed productivity and weed seeds: monograph]. St. Petersburg: Svoe izdatel'stvo, 2018: 200. (In Rus.)
6. Kurdyukova O.N., Tyshchuk E.P. Metodika opredeleniya semennoy produktivnosti sornykh rasteniy [Methodology for determining seed productivity of weeds]. Rastitel'nyye resursy. 2019; 5; 1: 130–138. (In Rus.)
7. Leurda I.G., Bel'skikh L.V. Opredelenie kachestva semyan [Determination of seed quality]. Moscow: Kolos, 1974: 100. (In Rus.)
8. Man'ko Yu.P., Maliborskiy I.I., Kris'ko Yu.F. Zhiznesposobnost' semyan sornyakov [Weed seed viability]. Mezhdvdomstvenniy tematicheskii nauchniy sbornik. Zashchita rasteniy. 2020; 4: 20–21. (In Rus.)
9. Markov M.V. Populyatsionnaya biologiya rasteniy [Plant population biology]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012: 387. (In Rus.)
10. Matyukha L.A. Zhiznesposobnost' semyan sornykh i kul'turnykh rasteniy v chernozemakh Stepi Ukrainy [Viability of weed seeds and cultivated plants seeds in chernozem soil of the steppe zone of Ukraine]. Byulleten' Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta kukuruzy. 1979; 52: 65–69. (In Rus.)
11. Musaev F.B., Potrakhov N.N., Arkhipov M.V. Rentgenografiya semyan ovoshchnykh kul'tur [Radiography of vegetable crops seeds]. St. Petersburg: SPbGETU "LETI", 2016: 207. (In Rus.)
12. Sanzheev V.V., Nidyulin V.N., Pyurvenov Ch.A. Polevaya vskhozhest' plodov solyanki vostochnoy (*Salsola orientalis*) v aridnoy zone Severo-Zapadnogo Prikaipiya [Field germination of (*Salsola orientalis*) fruits in the arid zone of the Northwest

Pre-Caspian Region]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya. Materialy mezhd. nauch. konf. (Yalta, Rossiya, 6–10 iyunya, 2016)*. Moscow: RUDN. 2016: 349–351. (In Rus.)

13. *Fisyunov A.V. Spravochnik po bor'be s sornyakami [Weed control handbook]*. Moscow: Kolos, 1976: 176. (In Rus.)

14. *Bhatt A., Santo A.* Germination and recovery of heteromorphic seed of *Atriplex canescens* (Amaranthaceae) under increasing salinity. *Plantecology*. 2016; 217 (9): 1069–1079.

15. *Cauwer B., Devos R., Claerhout S., Bulcke R., Reheul D.* Seed dormancy, germination, emergence and seed longevity in *Galinsoga parviflora* and *G. Quadriradiata*. *Weed Research*. 2014; 54: 38–47.

16. *Crespo M., Pena-Martin C., Becker A., Dressler S.* Type designation for *Cyclachaena xanthiifolia* (*Euphrosyne xanthiifolia*) (Heliantheae, Asteraceae). *Phytotaxa*. 2015; 197 (2): 132–138.

17. *Gomez R., Liebman M., Munkvold G.* Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems. *Weed Research*. 2014; 54 (1): 13–25.

18. *Hosseini P., Karimi H., Babaei S., Mashhadi H.R., Oveisi M.* Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. *Crop Protection*. 2014; 64: 1–6.

19. *Maqsood Q., Abbas R.N., Khaliq A., Zahir Z.A.* Weed Seed Bank Dynamics: Weed Seed Bank Modulation through Tillage and Weed Management. *Planta Daninha*. 2018; 36: 1–8.

20. *Pyke D.A.* Comparative demography of co-occurring introduced and native tussock grasses: persistence and potential expansion. *Oecologia*. 1990; 82 (4): 537–543.

Курдюкова Ольга Николаевна, профессор, д-р с.-х. наук, доцент, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина; 196605, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10; e-mail: herbology8@gmail.com; тел.: (952) 577–74–76

Olga N. Kurdyukova, DSc (Ag), Professor, Associate Professor, Pushkin Leningrad State University (10 Peterburgskoe Highway, Pushkin, St. Petersburg, 196605, Russian Federation; phone: (952) 577–74–76; E-mail: herbology8@gmail.com)