

Н.А.Ламан, член-корреспондент НАНБ, доктор биологических наук

С.И.Будай, аспирант

О.Э.Барнатович, лаборант

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАНБ

УДК 631.531.011.2

## Проращивание мелких, плоских и долго прорастающих семян рулонным методом с использованием синтетической вентиляционной сетки

*Предложен вариант модифицированного рулонного метода для проращивания мелких, плоских и долго прорастающих семян полевых и овощных культур. Приведены данные по сравнительному анализу рекомендуемых способов проращивания семян и нового метода по энергии прорастания, всхожести, индексу прорастания, длине и сырой массе осевых органов. Показано, что проращивание семян с использованием вентиляционной сетки оказывает положительное влияние на скорость роста морфоструктур и качество проростков.*

*It has been offered a variant of modified roll method for germinating small, flat and long-germinating seeds of field and vegetable crops. The paper has presented the data on the comparative analysis of advisable methods for germinating seeds and a new method for germinating rate, germinating ability, germinating index, length and wet weight of axial organs. Germination of seeds by using ventilator net has been shown to exert a positive effect on the rate of morphostructure growth and seedling quality.*

Полевая всхожесть прямо или косвенно зависит от многих составляющих. Немаловажную роль в создании дружных и выровненных всходов играет качество посевного материала, характеризующее сортовыми и посевными показателями. Одними из главных посевных качеств семян являются лабораторная всхожесть и энергия прорастания. Условия и методы их определения для различных групп культур широко и подробно описаны как в отечественной, так и в зарубежной литературе [1-6], причём в некоторых источниках [4, 7, 8] приведен подробный анализ качества получаемых проростков с четкой их характеристикой. Однако общепринятые методы проращивания наиболее приспособлены для характеристики качества посевного материала с точки зрения требований методик агрономической практики. Так, при проращивании долго прорастающих культур предписывается изымать загнившие семена и нормально развитые проростки при учёте энергии прорастания или промежуточном подсчете. Хотя имеются данные [9, 10, 11], что немалый процент нормальных проростков в дальнейшем также может иметь какие-либо аномалии, а полевая всхожесть при посеве такими семенами существенно снижается [12]. Если проростки не удаляются и поставлена задача наблюдения за их развитием, то при проращивании семян на фильтровальной бумаге в чашках Петри проростки зачастую искривляются, переплетаются, на ложе свободно распространяется инфекция от пораженных семян. По этой причине трудно судить об источниках инфицирования семени, возникают сложности при отборе образцов для

оценки развития корешка, гипокотилия и семядолей. Проращивание же на песке неудобно тем, что исключается возможность наблюдения за ростом подземной части проростка.

Альтернативой является рулонный метод проращивания семян, впервые предложенный Х.Гермом и детально описанный в ряде литературных источников [4, 6, 13-17]. Однако указанные методики пригодны большей частью для проращивания зерновых и зернобобовых культур, отличающихся достаточно крупными размерами и массой семян, которые к тому же довольно значительно увеличивают свой объём при набухании, обеспечивая доступ кислорода к семени между лентами в рулоне. Проращивание же плоских (лён, перец), медленно прорастающих (укроп), мелких (морковь, рапс) и семян с шероховатой поверхностью (свёкла) сопряжено с немалыми трудностями: семена неудовлетворительно прорастают, проростки при этом имеют ярко выраженный аномальный характер, а семена, формирующиеся и созревающие без внешних кроющих образований (морковь, свёкла и укроп), сильно поражаются плесенью. Причина данных явлений, главным образом, связана с недостаточным доступом кислорода к набухающим семенам, который особенно необходим им на втором и третьем этапе прорастания [6, 18, 19]. Малый объём, даже с учётом набухания, становится причиной затруднительного доступа кислорода к семенам в рулоне и, как следствие, происходит деформация и плесневение проростка. В связи с изложенным выше нами поставлена цель модифицировать метод рулонного проращивания, чтобы обеспечить свободный доступ кислорода к набухающим семенам и создать пророст-

кам благоприятный водно-воздушный режим. Задача решалась заменой в известном методе [20] полосок из фильтровальной бумаги, размокающих при длительном проращивании, лентой из синтетической мелкоячеистой вентиляционной сетки.

### Методика

Рулоны готовили следующим образом. Вырезали полоски плотной бумаги размером 15×152 см для свеклы, 11×52 см для моркови, укропа и перца, 18×52 см для льна и рапса. На них накладывали полоски фильтровальной бумаги: 14×152 см для свеклы, 10×52 см для моркови, укропа и перца, 17×52 см для льна и рапса, совмещая их по нижнему краю. На фильтровальной бумаге, на высоте 1 см от верхнего края, проводили черту с метками, по которым раскладывали семена и клубочки. Метки наносили у столовой свеклы через 3 см, у остальных культур через 1 см, предварительно отступив на 1 см по линии от края фильтровальной бумаги. Опыты проводили в 4-кратной повторности, в каждой пробе было 50 шт. семян, отобранных по стандартной методике [3, 4]. После раскладки семян по линии накладывали синтетическую

вентиляционную ленту рубчиками книзу у моркови, рапса, перца и укропа на 2-3 мм ниже линии расположения семян, у свеклы — по линии расположения семян, у льна — на 4-5 мм выше линии расположения семян (крупные проростки). Размер ленты 4×52 или 4×152 см в зависимости от культуры. Всё это сворачивали в рулон, закрепляли и помещали в стакан, который накрывали крышкой с отверстием для вентиляции. Контролем служили варианты с проращиванием в растительных с песком (столовая свекла) и чашках Петри с фильтровальной бумагой, подготовленные к опытам согласно методикам [4]. Все пробы перед раскладкой семян смачивали водопроводной водой комнатной температуры и помещали в термостат. Для рапса и льна в термостате поддерживали постоянную температуру 20±2 °С, а для овощных культур с переменной температурой проращивания использовали среднеарифметический оптимум сумм среднесуточных температур:

$$t_{\text{ср. опт.}} = \frac{(20 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 18 \text{ час} + 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 6 \text{ час})}{24 \text{ часа}} = 22,5 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C/сутки.}$$

Таблица 1. Сравнительная характеристика методов проращивания семян по энергии прорастания и всхожести

| Культура | Метод проращивания | Энергия прорастания                           |                              | Всхожесть                                     |                             | Превышение всхожести над энергией прорастания |       |
|----------|--------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------|
|          |                    | Количество проросших семян или клубочков, шт. | в %                          | Количество проросших семян или клубочков, шт. | в %                         | по числу проросших семян и клубочков, шт.     | в %   |
| Свёкла   | На песке           | 30,75±3,40                                    | $\frac{61,5 \pm 6,80}{14}^*$ | 45,00±2,16                                    | $\frac{90,0 \pm 4,32}{8}^*$ | 14,25                                         | 28,50 |
|          | Рулоны             | 28,75±4,11                                    | $\frac{57,5 \pm 8,23}{14}$   | 42,75±1,26                                    | $\frac{85,5 \pm 2,52}{10}$  | 14,00                                         | 28,00 |
| Лён      | В чашках Петри     | 40,75±1,50                                    | $\frac{81,5 \pm 3,00}{11}$   | 43,75±1,50                                    | $\frac{87,5 \pm 3,00}{10}$  | 3,00                                          | 6,00  |
|          | Рулоны             | 39,75±3,30                                    | $\frac{79,5 \pm 6,61}{11}$   | 42,50±2,65                                    | $\frac{85,0 \pm 5,29}{10}$  | 2,75                                          | 5,50  |
| Рапс     | В чашках Петри     | 38,75±3,86                                    | $\frac{77,5 \pm 7,72}{12}$   | 46,25±1,71                                    | $\frac{92,5 \pm 3,42}{8}$   | 7,50                                          | 15,00 |
|          | Рулоны             | 37,00±4,32                                    | $\frac{74,0 \pm 8,64}{12}$   | 42,50±2,65                                    | $\frac{85,0 \pm 5,29}{10}$  | 5,50                                          | 11,00 |
| Морковь  | В чашках Петри     | 29,00±6,78                                    | $\frac{58,0 \pm 13,56}{14}$  | 40,75±1,71                                    | $\frac{81,5 \pm 3,42}{11}$  | 11,75                                         | 23,50 |
|          | Рулоны             | 26,50±3,00                                    | $\frac{53,0 \pm 3,46}{14}$   | 37,50±1,73                                    | $\frac{75,0 \pm 3,46}{12}$  | 11,00                                         | 22,00 |
| Укроп    | В чашках Петри     | 31,75±1,71                                    | $\frac{63,5 \pm 3,42}{14}$   | 34,50±1,29                                    | $\frac{69,0 \pm 2,58}{13}$  | 2,75                                          | 5,50  |
|          | Рулоны             | 31,50±3,87                                    | $\frac{63,0 \pm 7,75}{14}$   | 34,30±2,63                                    | $\frac{68,5 \pm 5,26}{13}$  | 2,80                                          | 5,60  |
| Перец    | В чашках Петри     | 27,00±3,74                                    | $\frac{54,0 \pm 7,48}{14}$   | 33,75±2,22                                    | $\frac{67,5 \pm 4,43}{13}$  | 6,75                                          | 13,50 |
|          | Рулоны             | 26,75±3,20                                    | $\frac{53,5 \pm 6,40}{14}$   | 34,25±2,99                                    | $\frac{68,5 \pm 5,97}{13}$  | 7,50                                          | 15,00 |

\* — допустимый процент отклонения проб от среднего значения [3, с. 248; 4, с. 58.]

Таблица 2. Сравнительная характеристика методов проращивания по индексу прорастания у столовой свеклы сорта Бордо 237

| Методы проращивания | Энергия прорастания   |                        |                    | Всхожесть             |                        |                    | Превышение всхожести над энергией прорастания |                               |                        |
|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|                     | Кол-во клубочков, шт. | Кол-во проростков, шт. | Индекс прорастания | Кол-во клубочков, шт. | Кол-во проростков, шт. | Индекс прорастания | По всхожим клубочкам, шт.                     | По нормальным проросткам, шт. | По индексу прорастания |
| На песке            | 30,75±3,40            | 38,75±5,87             | 1,26               | 45,00±2,16            | 65,20±2,50             | 1,45               | 14,25                                         | 26,50                         | 0,193                  |
| Рулоны              | 28,75±4,11            | 36,25±4,35             | 1,27               | 42,75±1,26            | 71,00±2,60             | 1,66               | 14,00                                         | 34,75                         | 0,395                  |

Таблица 3. Сырая масса 10 проростков у льна и рапса после 3 и 7 суток проращивания

| Срок проращивания                   | Метод проращивания          |                                        |                             |                                        |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
|                                     | В чашках Петри              |                                        | В рулоне                    |                                        |
|                                     | Сырая масса 10 корешков, мг | Сырая масса гипокотили и семядолей, мг | Сырая масса 10 корешков, мг | Сырая масса гипокотили и семядолей, мг |
| Лен-долгунец                        |                             |                                        |                             |                                        |
| 3 суток                             | 75,00                       | 121,70                                 | 68,5                        | 125,50                                 |
| 7 суток                             | 90,70                       | 325,20                                 | 86,4                        | 396,50                                 |
| Прирост по биомассе от 3 к 7 суткам | 15,70                       | 203,50                                 | 17,9                        | 271,00                                 |
| Рапс яровой                         |                             |                                        |                             |                                        |
| 3 суток                             | 68,30                       | 106,40                                 | 66,0                        | 105,60                                 |
| 7 суток                             | 109,95                      | 240,75                                 | 132,1                       | 320,75                                 |
| Прирост по биомассе от 3 к 7 суткам | 41,65                       | 134,35                                 | 66,1                        | 215,15                                 |

Термостат проветривали 2 раза в течение дня по 10 мин. В опытах использовали семена овощных и полевых культур следующих сортов: морковь — Нантская 4, столовая свекла — Бордо 237, лен-долгунец — Светоч, рапс яровой — Ирис, укроп — Грибовский, перец сладкий — Богатырь. Энергию прорастания у рапса и льна определяли через 3, у моркови и свеклы — 5, у перца — 8, укропа через 7 суток с момента начала проращивания. Всхожесть соответственно через 7, 10, 15 и 14 суток. Параллельно измеряли длину осевых органов у 10 проростков в каждой пробе, проявляя границу между гипокотилем и корешком химическими красителями [21, 22]. После измерения осевых органов в первый срок используемые проростки изымали. При определении энергии прорастания рулоны повторно увлажняли до 100% ПВ, а чашки Петри и растительни постоянно поддерживали в увлажненном состоянии. У столовой свеклы вычисляли индекс прорастания как частное между количеством проростков и количеством проросших клубочков после 5 и 10 суток проращивания. При измерении энергии прорастания и всхожести у льна и рапса определяли массу надземных морфоструктур и корневой системы. Обработку данных проводили используя статистические методы [3, 4, 23].

## Результаты

Основная задача проращивания семян в лабораторных условиях — получение наиболее достоверных сведений о количестве нормально прорастающих семян и качестве проростков, а также приближение результатов лабораторного эксперимента к полевым условиям. При сопоставлении полученных данных по проращиванию семян овощных и полевых культур рекомендуемыми методами и предложенным нами вариантом рулонного метода проращивания не наблюдается существенных различий по энергии прорастания и всхожести (табл. 1). При проращивании на песке и ложе из фильтровальной бумаги в чашках Петри учитываемые показатели были несколько выше, однако превышение небольшое и находится в пределах 0,5-5% по энергии прорастания и 0,5-7,5% по всхожести. Варьирование значений по повторностям наиболее высокое при определении энергии прорастания, но выравненность данных по всем вариантам значительно возрастает при подсчете всхожести, что характерно и для значений показателей нормально развитых проростков у столовой свеклы (табл. 2). На пятые сутки (энергия прорастания) индекс прорастания клубочков у свеклы в условиях обоих методов был одинаков, а на десятые — проращивание в рулонах

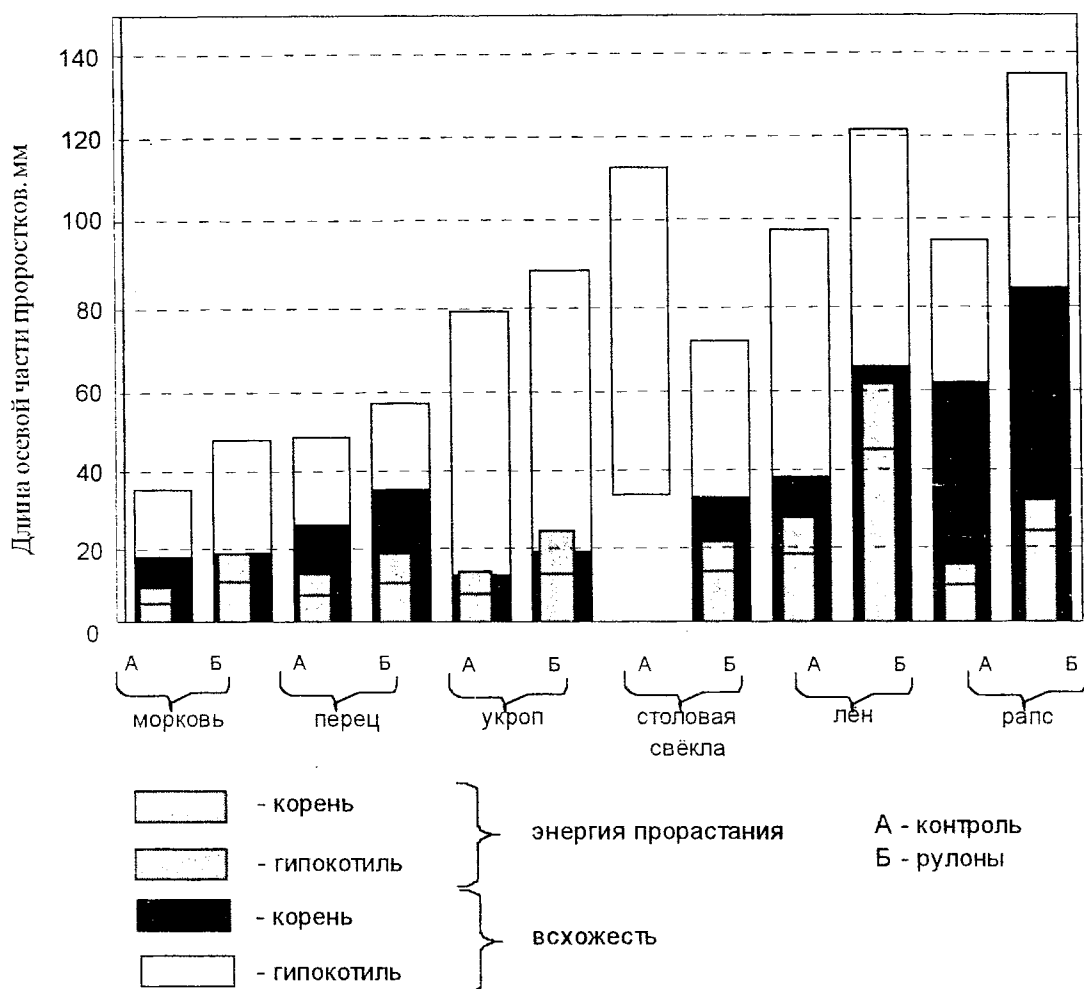


Рис. Сравнительная характеристика методов проращивания по длине морфоструктур осевой части проростка

оказалось более эффективным, поскольку прирост значения индекса у рулонного метода более чем в 2 раза выше по сравнению с вариантами в растильнях. Различия обусловлены тем, что клубочки в рулоне жёстко закреплены и не выталкиваются на поверхность, в то время как при проращивании на песке они выталкиваются растущим гипокотилем на поверхность почвы вместе с не вышедшими из семенных оболочек семядолями и пересыхают. По этой причине проращивание на песке не даёт достоверных сведений о продуктивном потенциале клубочка и его поведении в полевых условиях. При определении энергии прорастания (3-е суток) у сравниваемых методов не обнаружено различий по сырой массе надземных органов и корневой системы у рапса и льна (табл. 3). В более поздние сроки (7 суток проращивания) масса надземных органов в рулонах была значительно выше. Сырой вес корневой системы у рапса в этот же срок в рулонах оказался также более высоким, что сопоставимо с вариантами в чашках Петри. Однако скорость роста проростков в условиях рулонного метода гораз-

до выше, чем в чашках Петри. Возможно, что не последнюю роль в накоплении сырой массы играют условия для реализации геотропической реакции у осевых структур, достаточно благоприятные при проращивании семян в рулоне.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что рост проростка в рулоне более интенсивен, нежели при проращивании стандартными методами (рис.). Наиболее чётко это прослеживается в первые 3-7 суток. Так, при учёте энергии прорастания у моркови длина корешка в варианте с рулонным методом превышала контроль на 71,6%, у перца — 131,8, укропа — 44,4, льна — 127,2 и у рапса на 106,0%. Длина надземной оси была выше соответственно на 72,9; 37,0; 104,4; 79,2; 48,3%. К моменту определения всхожести различия несколько сглаживались и составили по длине корневой системы у перца 131,5%, укропа — 37,4, льна — 70,5, рапса — 37,2%, по длине надземной оси у моркови 66,1%, у рапса — 51,2% в пользу рулонного метода. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что

выбор метода проращивания семенного материала оказывает существенное влияние на скорость роста и развития осевой части проростка главным образом в первые 3-7 суток. В то же время в условиях рулонного метода наблюдается существенное превышение по сырой массе формирующегося проростка в более поздние сроки проращивания. Это косвенно указывает на более эффективное использование запасов семени на рост и развитие проростка при рулонном методе проращивания семян.

Небольшое снижение всхожести семян в условиях рулонного метода компенсируется быстрым их прорастанием, более высоким индексом образования проростков, относительно лучшей скоростью роста и развития осевых составляющих. Доступность метода, а также возможность получения линейно выровненных, с хорошо развитыми морфоструктурами проростков позволяют успешно использовать метод в биологической практике для проведения биометрических, анатомических и прочих исследований.

### Литература

1. Кононков П.Ф., Губкин В.П. Повышение полевой всхожести семян овощных культур. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 85 с.
2. Семена сельскохозяйственных культур. Торговые и посевные качества. – Москва: Стандарт, 1991. – Ч. 1. – 419 с.
3. Международные правила анализа семян. – Москва: Колос, 1984. – 270 с.
4. Семена сельскохозяйственных культур: Методы определения качества. – Москва: Стандарт, 1991. Ч. 2. – 415 с.
5. Кононков П.Ф., Параскова О.Т. Уточнение метода определения всхожести семян некоторых овощных культур // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 4. – С. 42-44.
6. Фирсова М.К. Семенной контроль. – Москва: Колос, 1969. – 292 с.
7. Веллингтон П. Методика оценки проростков семян. – Москва: Колос, 1973. – 176 с.
8. Колошина З.М. К методике определения всхожести и энергии прорастания семян зерновых культур // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 1. – С. 41-43.
9. Рагулин М.С. Уточнить методику определения лабораторной всхожести семян многолетних бобовых трав // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 9. – С. 41-42.
10. Хорошайлов Н.Г. и др. Энергия прорастания – важный показатель качества семян // Селекция и семеноводство. – 1977. – № 2. – С. 60-62.
11. Лихачев Б.С. и др. Улучшить методику определения посевных качеств семян зерновых культур // Селекция и семеноводство. – 1976. – № 6. – С. 58-59.
12. Фоканов А.М., Лоскутов Н.Ф. Урожайные свойства семян с разной всхожестью // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 7. – С. 39-42.
13. Каложный А.И., Макарова А.Я. Проращивание семян кукурузы в рулонах фильтровальной бумаги // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 1. – С. 40-41.
14. Лихачев Б.С., Жукова Н.В. Новый метод проращивания семян // Селекция и семеноводство. – 1978. – № 3. – С. 52.
15. Лихачев Б.С. и др. Модернизация рулонного способа проращивания семян зерновых культур // Селекция и семеноводство. – 1989. – № 1. – С. 45.
16. Зайцев В.А. и др. Эффективность проращивания семян в рулонах // Селекция и семеноводство. – 1983. – № 11. – С. 39-40.
17. Фоканов А.М. Совершенствование метода определения всхожести семян // Селекция и семеноводство. – 1983. – № 1. – С. 39-42.
18. Обручева Н.В., Ковадло Л.С. Два этапа усиления дыхания прорастающих семян гороха по мере увеличения их оводнённости // Физиология растений. – 1985. – Т. 32, В. 4. – С. 753-760.
19. Обручева Н.В., Антипова О. В. Запуск роста осевых органов и его подготовка при прорастании семян, находящихся в вынужденном покое. 2. Инициация "кислого роста" в осевых органах семян кормовых бобов // Физиология растений. – 1994. – Т. 41, – № 3. – С. 443-447.
20. Киселева В.И. и др. Определение всхожести семян овощных культур по проросткам // Селекция и семеноводство. – 1986. – № 3. – С. 50-52.
21. Биология и селекция сахарной свеклы. Ред. Бузанов И.Ф. – Москва: Колос, 1968. – С. 90.
22. Обручева Н.В. и др. Способы разграничения корня и гипокотилия в зародыше прорастающего семени двудольных // Бот. журнал. – 1984. – Т. 69, № 9. – С. 1205-1209.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Колос, 1973. – С. 141-147.