

Оценка качества семенного материала маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) лабораторными методами

А. А. Курьянович¹, М. Р. Абдряев¹, А. В. Казарина¹✉

¹ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Кинель, Россия

✉ E-mail: kazarinaav@bk.ru

Аннотация. Увеличение количества представителей семейства бобовых актуально для интенсификации сельскохозяйственного производства, решения проблемы получения полноценных, сбалансированных по аминокислотному составу продуктов питания и кормов. При испытании сортообразцов маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), из коллекции ВИР в экологических условиях Среднего Поволжья были выявлены сортообразцы, способные созревать и формировать полноценные семена. При определении всхожести семенного материала энергия прорастания менялась от 70 до 100 %, всхожесть от 96 до 100 %. Выявлено, что невсхожими оставались семена по размеру меньше основной массы. В связи с этим возникает необходимость изучить всхожесть в зависимости от размера семян. **Цель** настоящего исследования – оценка влияния размера семян на посевные качества и силу роста маша на начальных этапах онтогенеза. **Методы.** Семена разделили на три фракции: мелкие, средние и крупные. Определили всхожесть семян каждой фракции, установили, что этот процесс зависит и от крупности семян, и от биологических особенностей сортообразца. **Научная новизна.** Впервые в условиях Среднего Поволжья выявлена положительная корреляционная зависимость между крупностью семян и их количественными и качественными характеристиками. **Результаты.** В результате исследований установлено, что сила роста изучаемых образцов высокая, однако выявлены как сортовые различия, так и различия, зависящие от размера семян. Сила роста снижается у обоих сортообразцов с уменьшением крупности семян на 3,4–10,0 %. У образца Салтан эта тенденция выражена в большей степени, чем у образца Гвидон. Но по массе и объему корней образец Гвидон достоверно превышает образец Салтан. Рекомендовано при очистке и сортировке семян маша относить к отходу фракцию, прошедшую через решето с отверстиями 3 мм.

Ключевые слова: маш, проростки, крупность, энергия прорастания, всхожесть, сила роста, посевные качества.

Для цитирования: Курьянович А. А., Абдряев М. Р., Казарина А. В. Оценка качества семенного материала маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) лабораторными методами // Аграрный вестник Урала. 2023. № 01 (230). С. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-12-22.

Дата поступления статьи: 01.03.2022, **дата рецензирования:** 12.05.2022, **дата принятия:** 24.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Генофонд бобовых (Fabaceae L.) насчитывает на земном шаре около 20 000 видов, выполняющих существенную роль в биоэкосистеме. Однако они мало изучены в биолого-экономическом отношении, вследствие чего издавна одомашнено и интродуцировано только 15–17 видов (горох, фасоль, соя, нут, бобы, чечевица, арахис, люпин и другие), причём некоторые из них имеют ограниченный ареал и недостаточно используются в растениеводстве [1, с. 4]. В ноябре 2015 г. на 68-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 2016 г. был провозглашен Международным годом зернобобовых культур. «Зернобобовые могут внести значительный вклад

в решение проблемы голода, недоедания, решение экологических проблем и улучшение здоровья человека», – подчеркнул Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун в письменном заявлении, зачитанном на церемонии открытия Международного года зернобобовых [2, с. 769; 3; 4].

По данным Росстата, зернобобовые в Самарской области занимали в 2018 г. 6,5 % от общих посевных площадей. В 2019 г. посевные площади в регионе сократились до 4,9 % (на 1,6 %). Ассортимент зернобобовых культур, представленных в регионе, включает горох, нут, чечевицу и вику [5, с. 8]. Очевидно, что для интенсификации сельскохозяйственного производства, экономии энергии, реше-

ния проблемы получения полноценных, сбалансированных по аминокислотному составу продуктов питания и кормов увеличение количества представителей семейства бобовых актуально. В научном и селекционном плане эти культуры меньше изучены по сравнению с зерновыми [6; 7. с. 131–133]. При этом общеизвестно, что еще в XIX в. Г. И. Мендель установил законы наследования, используя в качестве объекта исследования горох.

При испытании образцов зернобобовых культур, в том числе и маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), из коллекции ВИР в экологических условиях Среднего Поволжья были выявлены образцы, способные созревать и формировать полноценные семена [5, с. 9]. Это культура азиатского происхождения, которую с успехом можно выращивать в Самарской области в качестве пищевой, овощной и кормовой. В рамках современной концепции о здоровом образе жизни и правильном питании проростки маша привлекают внимание как источник полезного, вкусного и доступного дополнения пищевого рациона, получение которого не зависит от времени года и погоды [8, с. 569; 9, с. 62]. Ассортимент сортов маша в нашей стране ограничен, в Государственном реестре недостаточно сортов, пригодных для возделывания в Среднем Поволжье. Продуктивность и устойчивость к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды – важнейшие характеристики интродуцируемых образцов [10, с. 75; 11, с. 60; 12; 13, с. 678–679; 14, с. 958]. В результате изучения коллекции ВИР в 2013 г. из них было отобрано 7 сортообразцов, способных адаптироваться к экологическим условиям региона. Два сортообразца по созреванию были скороспелыми с периодом вегетации 66–73 сутки, пять – среднеспелые с периодом вегетации 80–100 суток. Методом индивидуального отбора из скороспелых образцов был получен перспективный селекционный материал [15, с. 122–124].

В настоящее время маш пользуется особым вниманием как овощная культура. Проростки маша привлекают потребителя легкостью получения, вкусовыми достоинствами, широким спектром применения, физиологическим влиянием на организм. Для выращивания маша на проростки в производственных условиях необходимо иметь сорта, отличающиеся высокой энергией роста, быстрым развитием и накапливающие большую массу. Однако методики по отбору сортов *V. radiata* с высокой силой роста на ранних этапах онтогенеза отсутствуют [16, с. 18].

За все годы исследований при определении всхожести семян образцов маша выявлено изменение энергии прорастания в пределах 70–100 %, всхожести – в пределах 96–100 %. Наше внимание привлекло то, что не прорастали всегда семена меньшего размера, чем их основная масса

семян. Такое явление описано и у других культур [17, с. 47–50; 18]. Всхожесть семян – наиболее значимая характеристика любого семенного материала. Исходя из этого очевидно, что возникает необходимость изучить всхожесть семян в зависимости от их размера.

Цель исследований – провести оценку влияния размера семян на посевные качества и силу роста маша на начальных этапах онтогенеза.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН в 2020 г.

Материалом исследования были семена двух перспективных образцов Гвидон и Салтан урожая 2019 г.

По размеру семена разделили на три фракции. Для этого семена просеивали через сита.

I фракция – мелкие – семена проходят через сито с круглыми отверстиями диаметром 3 мм;

II фракция – средние – семена не проходят через сито с круглыми отверстиями диаметром 3 мм, но проходят через сито с круглыми отверстиями диаметром 4,5 мм;

III фракция – крупные – семена не проходят через сито с круглыми отверстиями диаметром 4,5 мм.

Энергию прорастания и всхожесть семян маша из каждой фракции определяли общепринятыми методами (ГОСТ 12038-84[□]).

Прототипом метода определения силы роста семян маша был метод определения этого показателя у зерновых культур и льна [18]. Песок просеивали через сито с ячейками 1 мм, промывали водой и высушивали в сушильном шкафу при температуре 104–108 °С. Подготовленный песок помещали в деревянные ящики высотой 20 см, выстланный двумя слоями полиэтиленовой пленки. Ящики заполняли на 12 см приготовленным песком, уплотняли и выравнивали поверхность, увлажняли до 60 % от полной влагоемкости песка, раскладывали приготовленные семена, несколько вдавливая их, и сверху засыпали сухим песком высотой 3 см. Для обоих сортов в каждом варианте на проращивание закладывали по 100 семян в четырехкратной повторности. Условия выращивания проростков: для освещения использовали фитосветильник «Аламак» со специально подобранными красными светодиодами с длиной волны 630–660 нм и синими с длиной волны 430–460 нм в течение 16 часов в светлое время суток при температуре 26–28 °С; в темное время суток – 8 часов при температуре 22–24 °С. На 10-й день опыта срезали на уровне поверхности песка надземную часть растений, взвешивали и измеряли длину ростков. Затем выкапывали из песка корни, смывали с них песок, давали стечь воде, раскладывая корни на фильтровальной бумаге, после этого взвешивали, измеряли длину корня и определяли

объем корневой системы. Для определения объема корневой системы использовали цилиндры объемом 10 мл. Цилиндр заполняли водой до 5 мл, 10 корешков помещали в воду и фиксировали повышение уровня жидкости. Объем корневой системы одного растения рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{A_2 - A_1}{10} \text{ мл,}$$

где A_1 – уровень воды в цилиндре без корней, мл;
 A_2 – уровень воды в цилиндре с десятью корешками, мл;

B – объем корневой системы одного растения, мл.

Обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [19] с использованием компьютерной программы Office Excel методами дисперсионного и корреляционного анализов.

Результаты (Results)

Практика показывает, что те семена, которые прорастают до момента определения энергии прорастания, способны дать нормальную всхожесть в полевых условиях [20, с. 264; 21, с. 522].

Полученные данные свидетельствуют, что энергия прорастания у семян обоих образцов фракций «крупные» и «средние» не имеет существенной разницы (таблица 1).

Энергия прорастания семян фракции «мелкие» существенно уступает этому показателю семян более крупных фракций. Можно предположить, что семена фракций «крупные» и «средние» в полевых условиях обеспечат дружные и сильные всходы.

При выращивании проростков маша для пищевых целей энергия прорастания является объективной характеристикой получения количества 1–3-дневных проростков из семенного материала.

Хорошо развитый корешок на первых этапах органогенеза является основой для формирования надземных вегетативных органов на ранних этапах жизни, а затем и генеративных органов. В итоге агроценоз, созданный из таких растений, будет максимально продуктивным в конкретных почвенно-климатических условиях. Всходы из семян фракции «мелкие» будут растянуты во времени, более медленное развитие корневой системы на первых этапах органогенеза не будет способствовать хорошему формированию надземной массы и высокой интенсивности продукционного процесса.

Более полную информацию о том, какие проростки в полевых условиях смогут преодолеть лежащий над ними слой почвы и дать хорошие, дружные всходы, может метод определения силы роста семян. Основным качественным показателем силы роста является масса всходов (ростков и корешков) с пересчетом на 100 растений.

Таблица 1
Посевные качества и биометрические показатели проростков маша в зависимости от крупности семян

| Вариант | Посевные качества, % | | Длина, мм | | Отношение росток/корешок |
|-------------------|----------------------|-----------|-----------|---------|--------------------------|
| | Энергия прорастания | Всхожесть | Корешков | Ростков | |
| Гвидон | | | | | |
| Крупные | 99,33 | 100,00 | 27,55 | 19,29 | 0,70 |
| Средние | 98,00 | 100,00 | 25,00 | 28,00 | 1,12 |
| Мелкие | 83,50 | 94,33 | 23,20 | 29,93 | 1,29 |
| Салтан | | | | | |
| Крупные | 96,33 | 100,00 | 29,30 | 16,73 | 0,57 |
| Средние | 96,00 | 99,33 | 25,20 | 31,73 | 1,26 |
| Мелкие | 78,67 | 94,67 | 21,10 | 29,77 | 1,41 |
| НСР ₀₁ | 2,35 | 3,68 | 3,95 | 1,88 | |

Table 1
Seed quality and biometric indicators of Mung bean depending on size

| Variant | Sowing qualities of seeds, % | | Length, mm | | Relationship sprout/root |
|-------------------|------------------------------|-------------|------------|--------|--------------------------|
| | Seed vigor | Germination | Root | Sprout | |
| Gvidon | | | | | |
| Large | 99.33 | 100.00 | 27.55 | 19.29 | 0.70 |
| Medium | 98.00 | 100.00 | 25.00 | 28.00 | 1.12 |
| Small | 83.50 | 94.33 | 23.20 | 29.93 | 1.29 |
| Saltan | | | | | |
| Large | 96.33 | 100.00 | 29.30 | 16.73 | 0.57 |
| Medium | 96.00 | 99.33 | 25.20 | 31.73 | 1.26 |
| Small | 78.67 | 94.67 | 21.10 | 29.77 | 1.41 |
| LCD ₀₁ | 2.35 | 3.68 | 3.95 | 1.88 | |



Рис. 1. Проростки маша образца Салтан. Второй день.
 Семена в чашках Петри слева направо: крупные, средние, мелкие
 Fig. 1. Seedlings of mung bean of the Saltan sample. The second day.
 Seeds in Petri dishes from left to right: large, medium, small

Таблица 2

Показатели всхожести при определении силы роста семян маша

| Вариант (фракция семян по крупности) | Здоровые ростки, вышедшие на поверхность, % | Нормально проросшие ростки, не вышедшие на поверхность, % | Больные и проросшие ростки, не вышедшие на поверхность, % | Набухшие семена, % | Ненормально проросшие семена, % | Загнившие семена, % |
|--------------------------------------|---|---|---|--------------------|---------------------------------|---------------------|
| Гвидон | | | | | | |
| Крупные | 100,0 | – | – | – | – | – |
| Средние | 98,6 | 1,4 | – | – | – | – |
| Мелкие | 96,6 | 3,4 | – | – | – | – |
| Салтан | | | | | | |
| Крупные | 100,0 | – | – | – | – | – |
| Средние | 98,9 | 1,1 | – | – | – | – |
| Мелкие | 90,0 | 10,0 | – | – | – | – |

Table 2

Germination indicators in determining the strength of the growth of mung bean seeds

| Variant (seed fraction by size) | Healthy sprouts that are on the surface, % | Normally sprouted sprouts that are not on the surface, % | Sick and sprouted sprouts that are not on the surface, % | Swollen seeds, % | Abnormally sprouted seeds, % | Rotten seeds, % |
|---------------------------------|--|--|--|------------------|------------------------------|-----------------|
| Gvidon | | | | | | |
| Large | 100.0 | – | – | – | – | – |
| Medium | 98.6 | 1.4 | – | – | – | – |
| Small | 96.6 | 3.4 | – | – | – | – |
| Saltan | | | | | | |
| Large | 100.0 | – | – | – | – | – |
| Medium | 98.9 | 1.1 | – | – | – | – |
| Small | 90.0 | 10.0 | – | – | – | – |

Полученные данные свидетельствуют, что сила роста изучаемых образцов высокая, однако выявлены как сортовые различия, так и различия каждого образца, зависящие от крупности семян (таблица 2). Так, у обоих образцов из семян фракции «крупные» получены здоровые ростки, вышедшие на поверхность. У семян фракции «средние» процент здоровых ростков тоже высокий (98,0 %). У сортообразца Гвидон количество нормально проросших, но не вышедших на поверхность ростков

составило 1,4 %, что на 0,3 % выше, чем у Салтана. Более значительные различия по данному показателю между образцами отмечались у фракции семян «мелкие». У образца Гвидон между семенами фракций «крупные» и «мелкие» различия 3,4 %, а у сорта Салтан – 10,0 %.

Таким образом, сила роста снижается у обоих образцов с уменьшением крупности семян, однако у сорта Салтан эта тенденция выражена в большей степени, чем у образца Гвидон.

Таблица 3

Влияние фракции семян на параметры проростков сортообразцов маша

| Вариант | Средняя длина ростка, мм | Масса 100 ростков, г | Средняя длина корня, мм | Масса 100 корней, г | Объем 100 корней, мл |
|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| Гвидон | | | | | |
| Крупные | 168,0 | 25,6 | 64,40 | 7,2 | 16,3 |
| Средние | 151,3 | 19,4 | 49,73 | 6,9 | 7,4 |
| Мелкие | 154,7 | 19,8 | 37,27 | 6,8 | 4,2 |
| Салтан | | | | | |
| Крупные | 151,3 | 24,2 | 71,40 | 5,8 | 12,0 |
| Средние | 137,3 | 19,2 | 64,33 | 4,6 | 5,2 |
| Мелкие | 139,3 | 19,2 | 58,13 | 4,3 | 3,3 |
| НСП ₀₁ АВ | 10,2 | 0,7 | 3,54 | 0,6 | 2,1 |
| НСП ₀₁ А | 6,6 | 0,3 | 1,97 | 0,3 | 0,8 |
| НСП ₀₁ В | 7,2 | 0,9 | 3,04 | 0,3 | 0,8 |

Примечание. Фактор А – генотип; фактор В – размер семян.

Table 3

Qualitative indicators of the mung bean seed spread

| Variant | Average sprout length, mm | Weight of 100 sprouts, g | Average root length, mm | Weight of 100 roots, g | Volume of 100 roots, ml |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Gvidon | | | | | |
| Large | 168.0 | 25.6 | 64.40 | 7.2 | 16.3 |
| Medium | 151.3 | 19.4 | 49.73 | 6.9 | 7.4 |
| Small | 154.7 | 19.8 | 37.27 | 6.8 | 4.2 |
| Saltan | | | | | |
| Large | 151.3 | 24.2 | 71.40 | 5.8 | 12.0 |
| Medium | 137.3 | 19.2 | 64.33 | 4.6 | 5.2 |
| Small | 139.3 | 19.2 | 58.13 | 4.3 | 3.3 |
| LCD ₀₁ AB | 10.2 | 0.7 | 3.54 | 0.6 | 2.1 |
| LCD ₀₁ A | 6.6 | 0.3 | 1.97 | 0.3 | 0.8 |
| LCD ₀₁ B | 7.2 | 0.9 | 3.04 | 0.3 | 0.8 |

Note. Factor A – genotype; factor B – seed size.

Данные двухфакторного дисперсионного анализа показали достоверное влияние размера семян и генотипа на параметры проростков маша. Так, масса ростков у сортообразца Гвидон, полученная из семян всех трех фракций, достоверно превышает этот показатель у сорта Салтан (таблица 3). Но преимущественное влияние размера семян выявлено только на величину ростков у каждого сортообразца, полученных из семян фракции «крупные».

По размерам и массе ростков, полученных из семян фракций «средние» и «мелкие», статистически значимых на уровне $p < 0,01$ различий не выявлено. Иначе прослеживается тенденция развития корневой системы. Так, средняя длина зародышевого корешка у растений сорта Салтан различных фракций достоверно превышает линейные размеры корешков образца Гвидон. Но по массе и объему корней сортообразец Гвидон достоверно превышает Салтан. Выявленная закономерность прослеживается при сравнении этих показателей во всех трёх фракциях. Преимущество образца Гвидон по массе и объему корней обусловлено тем, что на зароды-

шевом корешке десятидневного растения сортообразца Гвидон интенсивно образуются боковые корешки. У растений сорта Салтан на этом же этапе органогенеза корешок длинный и тонкий, боковые корешки образуются позднее. Можно предположить, что благодаря биологическим особенностям продукционный процесс образца Гвидон в течение всего вегетационного периода полнее обеспечивается водой, минеральными элементами и продуктами фотосинтеза, в результате формируется максимально возможная продуктивность растений агроценоза в конкретных условиях.

В результате проведенного корреляционного анализа выявлена средняя корреляционная связь ($r = 0,40; 0,52$) между энергией прорастания и длиной и массой ростка у обоих образцов (таблица 4). Отмечена средняя корреляционная зависимость длины ростка ($r = 0,32; 0,32$) и массы ростков от всхожести (у Салтана $r = 0,49$, у Гвидона $r = 0,45$).

У сорта Салтан выявлена средняя корреляционная зависимость ($r = 0,67$) с энергией прорастания и сильная корреляция ($r = 0,74$) с всхожестью.

Таблица 4
Коэффициенты корреляции (r) между посевными качествами, ростовыми показателями и крупностью семян у растений маша

| Ростовые показатели | Длина ростка, мм | Масса ростка, г | Длина корня, мм | Масса корня, г | Объем корневой системы, мл | Размер семян, мм |
|------------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------------------|------------------|
| Гвидон | | | | | | |
| Энергия прорастания, % | 0,40 | 0,52 | 0,88 | 0,75 | 0,76 | 0,90 |
| Всхожесть, % | 0,32 | 0,45 | 0,84 | 0,84 | 0,71 | 0,87 |
| Салтан | | | | | | |
| Энергия прорастания, % | 0,40 | 0,51 | 0,78 | 0,67 | 0,68 | 0,87 |
| Всхожесть, % | 0,32 | 0,49 | 0,90 | 0,74 | 0,75 | 0,92 |

Table 4
Correlation coefficients (r) between sowing qualities, growth indicators and seed size in mung bean

| Growth indicators | Sprout length, mm | Sprout weight, g | Root length, mm | Root weight, g | Volume of all roots, ml | Seed size, mm |
|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------|---------------|
| Gvidon | | | | | | |
| Seed vigor, % | 0.40 | 0.52 | 0.88 | 0.75 | 0.76 | 0.90 |
| Seed germination, % | 0.32 | 0.45 | 0.84 | 0.84 | 0.71 | 0.87 |
| Saltan | | | | | | |
| Seed vigor, % | 0.40 | 0.51 | 0.78 | 0.67 | 0.68 | 0.87 |
| Seed germination, % | 0.32 | 0.49 | 0.90 | 0.74 | 0.75 | 0.92 |

Таблица 5
Коэффициенты корреляции (r) между ростовыми показателями у растений маша

| Ростовые показатели | Длина ростка, мм | Масса ростка, г | Длина корня, мм | Масса корня, г | Объем корневой системы, мл | Размер семян, мм |
|---------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------------------|------------------|
| Длина ростка, мм | – | 0,75 | 0,78 | 0,89 | 0,78 | 0,51 |
| Масса ростка, г | 0,75 | – | 1,0 | 0,37 | 0,93 | 0,84 |
| Длина корня, мм | – | 0,56 | – | 0,46 | 0,58 | 0,73 |
| Масса корня, г | – | – | – | – | 0,55 | 0,34 |
| Объем корня, мл | – | – | – | – | – | 0,91 |

Table 5
Coefficients of correlation (r) between the growth indicators in mung bean

| Growth indicators | Sprout length, mm | Sprout weight, g | Root length, mm | Root weight, g | Volume of all roots, ml | Seed size, mm |
|-------------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------|---------------|
| Sprout length, mm | – | 0.75 | 0.78 | 0.89 | 0.78 | 0.51 |
| Sprout weight, g | 0.75 | – | 1.0 | 0.37 | 0.93 | 0.84 |
| Root length, mm | – | 0.56 | – | 0.46 | 0.58 | 0.73 |
| Root weight, g | – | – | – | – | 0.55 | 0.34 |
| Volume of all roots, ml | – | – | – | – | – | 0.91 |

У образца Гвидон прослеживается сильная корреляционная зависимость между объемом корневой системы и энергией прорастания ($r = 0,71$) и всхожестью ($r = 0,76$), а у сорта Салтан – средняя корреляция между этим показателем и энергией прорастания ($r = 0,68$) и сильная – с всхожестью ($r = 0,75$). Между размером семян и посевными качествами выявлена сильная корреляция у обоих

образцов, с энергией прорастания – $r = 0,87$; $0,90$; с всхожестью – $r = 0,92$; $0,87$ у Салтана и Гвидона соответственно.

Проследили корреляционные связи основного качественного показателя растений маша с другими ростовыми показателями и размером семян маша (таблица 5).

Выявили, что между основными качественными показателями (масса всходов с пересчетом на 100 растений) и всеми ростовыми показателями положительные коэффициенты корреляции, что согласуется с полученными результатами в других исследованиях [21, с. 525–528; 22, с. 754–755]. Так, с длиной ростка в сильной степени коррелируют масса ростка ($r = 0,75$), длина и масса корня ($r = 0,78; 0,89$) и объем корневой системы ($r = 0,78$). Между длиной ростка и размером семян выявлена средняя корреляция ($r = 0,51$). Наиболее сильная сопряженность выявлена между массой ростка и длиной корня ($r = 1,00$), а также с объемом корневой системы ($r = 0,93$). Сильная корреляция выявлена между массой ростка и размером семян ($r = 0,84$), средняя корреляция с массой корня ($r = 0,37$). Между длиной корня и массой ростка, массой корня и объемом корневой систем выявлена средняя корреляция ($r = 0,56; 0,46; 0,58$) и сильная корреляция с размером семян ($r = 0,73$). Между массой корня, объемом корней, размером семян выявлена средняя корреляция ($r = 0,55; 0,34$). Наиболее сильная корреляция выявлена между объемом корневой системы и размером семян ($r = 0,91$).

Таким образом, установлена зависимость посевных качеств семян и признаков, характеризующих силу роста, от размера семян маша. Также изученные нами признаки зависели от индивидуальных свойств изучаемых генотипов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Показатели качества семян маша, определяемые лабораторными методами, позволяют с большей достоверностью оценить ростовые процессы растений, полученных из этих семян, на ранних этапах органогенеза в полевых условиях.

Энергия прорастания и всхожесть семян имеют тенденцию к снижению по мере убывания размера семян маша. Сила роста испытанных сортообраз-

цов высокая, однако выявлены как видовые различия, так и различия каждого сорта, зависящие от размера семян. Так, сила роста снижается у обоих образцов с уменьшением крупности семян. У сорта Салтан эта тенденция выражена в большей степени, чем у образца Гвидон.

По признакам, характеризующим силу роста, установлено преимущество ростков, полученных из семян фракции «крупные». Между фракциями «средние» и «мелкие» по этому показателю различий не выявлено. Масса ростков, полученных из семян образца Салтан всех трех фракций, уступает массе ростков образца Гвидон на 1,0–3,0 %. По длине ростков пролеживаются аналогичные зависимости.

У растений из всех трех фракций средняя длина корешка проростка сортообразца Салтан значительно превышает линейные размеры корешка сортообразца Гвидон на 9,8–35,9 %. Но по массе и объему корней образец Гвидон достоверно превышает образец Салтан.

Выявлена положительная корреляционная зависимость между крупностью семян и их количественными и качественными характеристиками. Так с длиной ростка сильно коррелируют масса ростка ($r = 0,75$), длина и масса корня ($r = 0,78; 0,89$) и объемом корневой системы ($r = 0,78$). Также между размером семян и посевными качествами выявлена сильная корреляция у обоих образцов, с энергией прорастания $r = 0,87 - 0,90$, с всхожестью $r = 0,87 - 0,92$.

Таким образом, при очистке и сортировке семян маша семена, прошедшие через решето с отверстиями 3 мм, относить к отходу. В качестве семенного материала для получения дружных и сильных всходов, рекомендуется использовать семена маша по размеру более 3 мм.

Библиографический список

1. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Сидоренко В. С. Зернобобовые культуры в экономике России // Земледелие. 2014. № 4. С. 4–8.
2. Burlyayeva M. O., Vishnyakova M. A., Gurkina M., Kozlov K., Lee C.-R., Ting C.-T., Schafleitner R., Nuzhdin S., Samsonova M., von Wettberg E. Collections of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) and urdbean [*V. mungo* (L.) Hepper] in Vavilov Institute (VIR): traits diversity and trends in the breeding process over the last 100 years // Genetic Resources and Crop Evolution. 2019. Vol. 66. Iss. 4. Pp 767–781.
3. Международный год зернобобовых 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/pulses-2016/ru> (дата обращения: 10.06.2021).
4. ILDIS World Database of Legumes. International Legume Lftfbase Database & Information Service [e-resource]. URL: <http://www.ildis.org> (date of reference: 15.06.2021).
5. Курьянович А. А. Морфологические признаки сортообразца маша (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) зернового направления для климатических условий Среднего Поволжья // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-1. С. 8–12.
6. Ravshanova N. A., Usmonov I. M., Chulliyev A., Isroilov B., Rahimova D., Usmanova Z., Abdumajitov A. Growth and development of mung bean (*Vigna radiata* (L.)) depending on sowing methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series “1st International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2020”. 2020. Article number 012126. DOI: 10.1088/1755-1315/614/1/012126.

7. Бурляева М. О., Гуркина М. В., Самсонова М. Г., Вишнякова М. А. Эколого-географическое изучение маша (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) из коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 131–141.
8. Молчанова Е. Н., Иноземцева Ю. С., Исабаев И. Б. О тенденциях производства (*Vigna radiata*) и перспективах его использования // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник по материалам V Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ. Краснодар. 2019. С. 569–576.
9. Суховарова М. А., Чижилова О. Г., Коршенко Л. О. Перспективы использования семян маша в хлебопечении // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 1. С. 61–66.
10. Sushkevich N. I., Zabegaeva O. N., Burlyayeva M. O. The effect of growing conditions and the year of reproduction on sowing qualities of seeds, morphological and physiological characteristics in sprouts of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. Vol. 181. No. 2. Pp. 73–86.
11. Douglas C. et al. Breeding Progress and Future Challenges: Abiotic Stresses // In: The Mungbean Genome. Compendium of Plant Genomes / R. Nair, R. Schafleitner, Lee S. H. (eds.). 2020. Pp. 55–80. DOI: 10.1007/978-3-030-20008-4_6.
12. Sokolova A. B., Burlyayeva M. O., Valyanikova T. I., Vishnyakova M. A., Schafleitner R., Lee C., Ting C., Madhavan N., Nuzhdin S. V., Samsonova M. G., von Wettberg E. Genome-wide association study in accessions of the mini-core collection of mungbean (*Vigna radiata*) from the World Vegetable Gene Bank (Taiwan) // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20 (Suppl. 1). Article number 363. DOI: 10.1186/s12870-020-02579-x.
13. Sokolova A. B., Vishnyakova M. A., Ting C., Burlyayeva M. O., Schafleitner R., Nuzhdin S. V., Samsonova M. G., von Wettberg E., Valyanikova T. I., Lee C. Analysis of agronomic traits of mungbean (*Vigna radiata*) accessions from the World Vegetable Gene Bank (Taiwan) Bioinformatics of genome regulation and structure/systems biology (bgrs/sb-2020). The Twelfth International Multiconference. Abstracts. Novosibirsk: ICG SB RAS, 2020. Pp. 675–683.
14. Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Самсонова М. Г. Маш и урд: перспективы возделывания и селекции в Российской Федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2018. № 22 (8). С. 957–966.
15. Курьянович А. А. Формирование селекционного материала маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) для создания сортов, адаптированных к погодно-климатическим условиям Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. 2019. Т. 21. № 6. С. 122–124.
16. Сушкевич А. В., Бурляева М. О. Оценка силы роста, энергии прорастания и морфологических показателей *Vigna radiata* (L.) на ранней стадии онтогенеза // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2019. № 1 (58). С. 17–22. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.58.17-22.
17. Ullah F., Khan M., Hassan M., Gul R. Genotypic differences among mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes for yield and associated traits // International Journal of Applied Agricultural Sciences. 2017. No. 3 (2). Pp. 47–50. DOI: 10.11648/j.ijaas.20170302.13.
18. Кулешов Н. Н. Агрономическое семеноведение. Москва: Сельхозиздат, 1963. 303 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Сушкевич А. В., Забегаяева О. Н., Бурляева М. О. Разработка методики оценки силы роста (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) на ранних стадиях онтогенеза // Сборник тезисов: 125 лет прикладной ботаники в России. Санкт-Петербург, 2019. С. 264.
21. Garg G. K., Verma P. K., Kesh H., Kumar A. Genetic variability, character association and genetic divergence for seed quality traits in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) // Indian journal of agricultural research. 2017. No. 51 (6). Pp. 521–528. DOI: 10.18805/IJAr.A-4929.
22. Jayaprada T. A., Lavanya G. R., Babu V. R., Sai Ch. N., Reddy T. S. Correlation and Path Analysis of Yield Contributing Traits and Seed Yield in Greengram (*Vigna Radiata* (L.) Wilczek) // Indian Journal of Agricultural Research. 2019. No. 53. Pp. 753–755. DOI: 10.18805/IJAr.A-5174.

Об авторах:

Анна Антоновна Курьянович¹, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории интродукции, селекции кормовых и масличных культур, ORCID 0000-0002-2673-7647, AuthorID 362495; +7 937 219-34-61, gnu_pniiss@mail.ru

Мянсур Равилович Абдряев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID 0000-0002-3795-5869, AuthorID 877052; +7 927 013-25-79, alcazar@rambler.ru

Александра Владимировна Казарина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией интродукции, селекции кормовых и масличных культур, ORCID 0000-0001-9535-7691, AuthorID 842354; +7 927 732-57-96, kazarinaav@bk.ru

¹ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Кинель, Россия

Evaluation of the quality of seed material mungbean (*Vigna Radiata* (L.) Wilczek) using laboratory methods

A. A. Kuryanovich¹, M. R. Abdryaev¹, A. V. Kazarina¹✉

¹ Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov – a branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel, Russia

✉ E-mail: kazarinaav@bk.ru

Abstract. An increase in the number of representatives of the legume family is important for the intensification of agricultural production, solving the problem of obtaining complete, balanced in terms of amino acid composition of food and feed. When testing varieties of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) from the VIR collection in the ecological conditions of the Middle Volga region, varieties were identified that are able to ripen and form full-fledged seeds. When determining the germination of seed material, the germination energy varied from 70 to 100 %, germination from 96 to 100 %. It was revealed that the seeds remained unsimilar, smaller in size than the main mass. In this regard, there is a need to study the germination depending on the size of the seeds. **The purpose** of the research is the evaluation of the influence of seed size on sowing qualities and growth power of mung bean at the initial stages of ontogenesis. **Methods.** Seeds were divided into three fractions “small”, “medium” and “large”. The germination of seeds of each fraction was determined, and it was found that this process depends both on the size of the seeds and on the biological characteristics of the variety. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the Middle Volga region, a positive correlation was found between the size of seeds and their quantitative and qualitative characteristics. **Results.** As a result of the research, it was found that the growth force of the studied samples was high, however, both varietal differences and differences depending on the size of the seeds were revealed. The growth force decreases in both varieties with a decrease in seed size by 3.4–10.0 %. In the Saltan sample, this tendency is more pronounced than in the Gvidon sample. But in terms of mass and volume of roots, the Gvidon sample significantly exceeds the Saltan sample. It is recommended that when cleaning and sorting mung bean seeds, the fraction that has passed through a sieve with 3 mm holes is considered waste.

Keywords: mung bean, seedlings, grain size, germination energy, germination, growth vigor, sowing qualities.

For citation: Kuryanovich A. A., Abdryaev M. R., Kazarina A. V. Otsenka kachestva semennogo materiala masha (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) laboratornymi metodami [Evaluation of the quality of seed material of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) by laboratory methods] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 01 (230). Pp. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-12-22. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.03.2022, **date of review:** 12.05.2022, **date of acceptance:** 24.06.2022.

References

1. Zotikov V. I., Naumkina T. S., Sidorenko V. S. Zernobobovye kul'tury v ekonomike Rossii [Legume family in Russian Economy] // Zemledelie. 2014. No. 4. Pp. 4–8. (In Russian.)
2. Burlyayeva M. O., Vishnyakova M. A., Gurkina M., Kozlov K., Lee C.-R., Ting C.-T., Schafleitner R., Nuzhdin S., Samsonova M., von Wettberg E. Collections of Mungbean (*Vigna radiata*) (L.) R. Wilczek) and urdbean [*V. mungo* (L.) Hepper] in Vavilov Institute (VIR): traits diversity and trends in the breeding process over the last 100 years // Genetic Resources and Crop Evolution. 2019. Vol. 66. Iss. 4. Pp 767–781.
3. Mezhdunarodnyy god zernobobovykh 2016 [Legume family International year 2016] [e-resource]. URL: <http://www.fao.org/pulses-2016/ru> (date of reference: 10.06.2021). (In Russian.)
4. ILDIS World Database of Legumes. International Legume Lftfbase Database & Information Service [e-resource]. URL: <http://www.ildis.org> (date of reference: 15.06.2021).

5. Kur'yanovich A. A. Morfologicheskie priznaki sortoobraztsa masha (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) zernovogo napravleniya dlya klimaticheskikh usloviy Srednego Povolzh'ya [Morphological features of Mung bean grain variety (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) for the Middle Volga climatic conditions] // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2018. No. 11-1. Pp. 8–12. (In Russian.)
6. Ravshanova N. A., Usmonov I.M., Chulliyev A., Isroilov B., Rahimova D., Usmanova Z., Abdumajitov A. Growth and development of mung bean (*Vigna radiata* (L.)) depending on sowing methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series “1st International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2020”. 2020. Article number 012126. DOI: 10.1088/1755-1315/614/1/012126.
7. Burlyaeva M. O., Gurkina M. V., Samsonova M. G., Vishnyakova M. A. Ekologo-geograficheskoe izuchenie masha (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) iz kolleksii VIR [Ecological and geographical study of mung bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) from the VIR collection] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. Vol. 182. No. 1. Pp. 131–141. (In Russian.)
8. Molchanova E. N., Inozemtseva Yu. S., Isabaev I. B. O tendentsiyakh proizvodstva (*Vigna radiata*) i perspektivakh ego ispol'zovaniya [On production trends (*Vigna radiata*) and the prospects for its use] // Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: sbornik po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 15-letiyu kafedry tekhnologii khraneniya i pererabotki zhivotnovodcheskoy produktsii Kubanskogo GAU. Krasnodar, 2019. Pp. 569–576. (In Russian.)
9. Sukhovarova M. A., Chizhikova O. G., Korshenko L. O. Perspektivy ispol'zovaniya semyan masha v khlebopechenii [Prospects for the use of Mung seed in baking] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2017. No. 1. Pp. 61–66. (In Russian.)
10. Sushkevich N. I., Zabegaeva O. N., Burlyaeva M. O. The effect of growing conditions and the year of reproduction on sowing qualities of seeds, morphological and physiological characteristics in sprouts of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. Vol. 181. No. 2. Pp. 73–86.
11. Douglas C. et al. Breeding Progress and Future Challenges: Abiotic Stresses // In: The Mungbean Genome. Compendium of Plant Genomes / R. Nair, R. Schafleitner, S. H. Lee (Eds.). 2020. Pp. 55–80. DOI: 10.1007/978-3-030-20008-4_6.
12. Sokolova A. B., Burlyaeva M. O., Valyanikova T. I., Vishnyakova M. A., Schafleitner R., Lee C., Ting C., Madhavan N., Nuzhdin S. V., Samsonova M. G., von Wettberg E. Genome-wide association study in accessions of the mini-core collection of mungbean (*Vigna radiata*) from the World Vegetable Gene Bank (Taiwan) // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20 (Suppl. 1). Article number 363. DOI: 10.1186/s12870-020-02579-x.
13. Sokolova A. B., Vishnyakova M. A., Ting C., Burlyaeva M. O., Schafleitner R., Nuzhdin S. V., Samsonova M. G., von Wettberg E., Valyanikova T. I., Lee C. Analysis of agronomic traits of mungbean (*Vigna radiata*) accessions from the World Vegetable Gene Bank (Taiwan) Bioinformatics of genome regulation and structure/systems biology (bgrs/sb-2020). The Twelfth International Multiconference. Abstracts. Novosibirsk: ICG SB RAS, 2020. Pp. 675–683.
14. Vishnyakova M. A., Burlyaeva M. O., Samsonova M. G. Mash i urd: perspektivy vozdeleyvaniya i selektsii v Rossiyskoy Federatsii [Mungbean and others//: Agriculture and Selection Prospective in Russian Federation] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22 (8). Pp. 957–966. (In Russian.)
15. Kur'yanovich A. A. Formirovanie selektsionnogo materiala masha (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) dlya sozdaniya sortov, adaptirovannykh k pogodno-klimaticheskim usloviyam Srednego Povolzh'ya [Mungbean Pedigree seed formation for the development (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) of varieties suitable to the environmental conditions of the MiddleVolga region] // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 21. No. 6. Pp. 122–124. (In Russian.)
16. Sushkevich A. V., Burlyaeva M. O. Otsenka sily rosta, energii prorastaniya i morfologicheskikh pokazateley *Vigna radiata* (L.) na ranney stadii ontogeneza [Assessment of growth force, germination energy and morphological indicators of *Vigna radiata* (L.) at an early stage of ontogenesis] // Eurasian Union of Scientists. 2019. No. 1 (58). Pp. 17–22. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.58.17-22. (In Russian.)
17. Ullah F., Khan M., Hassan M., Gul R. Genotypic differences among mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes for yield and associated traits // International Journal of Applied Agricultural Sciences. 2017. No. 3 (2). Pp. 47–50. DOI: 10.11648/j.ijaas.20170302.13.
18. Kuleshov N. N. Agronomicheskoe semenovedenie [Agronomical Seed Studies]. Moscow: Sel'khozizdat, 1963. 303 p. (In Russian.)
19. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5th edition, enlarged and revised. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)
20. Sushkevich A. V., Zabegaeva O. N., Burlyaeva M. O. Razrabotka metodiki otsenki sily rosta (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) na rannikh stadiyakh ontogeneza [Development of a methodology for assessing the strength of

growth (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) at the early stages of ontogenesis] // Sbornik tezisov: 125 let prikladnoy botaniki v Rossii. Saint Petersburg, 2019. Pp. 264. (In Russian.)

21. Garg G. K., Verma P. K., Kesh H., Kumar A. Genetic variability, character association and genetic divergence for seed quality traits in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) // Indian journal of agricultural research. 2017. No. 51 (6). Pp. 521–528. DOI: 10.18805/IJArE.A-4929.

22. Jayaprada T. A., Lavanya G. R., Babu V. R., Sai Ch. N., Reddy T. S. Correlation and Path Analysis of Yield Contributing Traits and Seed Yield in Greengram (*Vigna Radiata* (L.) Wilczek) // Indian Journal of Agricultural Research. 2019. No. 53. Pp. 753–755. DOI: 10.18805/IJArE.A-5174.

Authors' information:

Anna A. Kuryanovich¹, candidate of biological sciences, associate professor, senior researcher, laboratory of introduction, selection of forage and oilseeds, ORCID 0000-0002-2673-7647, AuthorID 362495; +7 937 219-34-61, gnu_pniiss@mail.ru

Myansur R. Abdryaev¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of breeding and seed production of winter wheat, ORCID 0000-0002-3795-5869, AuthorID 877052; +7 927 013-25-79, alcazar@rambler.ru

Aleksandra V. Kazarina¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory for introduction, selection of forage and oilseeds, ORCID 0000-0001-9535-7691, AuthorID 842354; +7 927 732-57-96, kazarinaav@bk.ru

¹ Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov – a branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel, Russia