

Некоторые физиологические и биохимические показатели сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*), возделываемых в условиях Витебской области

И.М. Морозова, М.Ф. Михнович^{*}, И.И. Борис^{}**

^{}Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машиерова»*

*^{**}Республиканское унитарное предприятие «Витебский зональный институт сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси»*

Целью исследований является изучение некоторых показателей продуктивности, в том числе накопления фотосинтетических пигментов, фенольных соединений и флавоноидов в листьях сортов люпина узколистного Ян, Миртан, Першацвет в фазу плодоношения. На основании полученных данных установить сорта люпина узколистного, обладающие высокими показателями продуктивности в условиях Витебской области.

Изучали показатели продуктивности сортов: высота растений, количество плодов на одном растении, количество семян в плоде, масса 1000 семян (г), а также содержание фотосинтетических показателей, фенольных соединений и флавоноидов в листьях сортов люпина узколистного.

Нами установлено, что наибольшими показателями роста, семенной продуктивности характеризуются растения с. Миртан. Растения сорта Ян характеризуются самым высоким показателем масса 1000 семян. Таким образом, с. Миртан, Ян можно рассматривать как перспективные по семенной продуктивности. Наибольшее содержание хлорофилла а, каротиноидов отмечено у растений с. Першацвет. Что касается отношения суммы а+b/каротиноидам, наибольшим показателем характеризуются растения с. Ян.

Таким образом, наибольшими питательными качествами по содержанию фотосинтетических пигментов, фенольных соединений и флавоноидов обладают растения сортов Першацвет и Ян, которые могут быть рекомендованы для дальнейшего выращивания в условиях Витебской области по биологической продуктивности.

Ключевые слова: развитие, семенная и биологическая продуктивность, хлорофилл, каротиноиды, фенольные соединения, флавоноиды.

Some physiological and biochemical characteristics of *Lupinus angustifolius* cultivated in Vitebsk region

I.M. Morozova, M.F. Mihnovich^{*}, I.I. Boris^{}**

^{}Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masharov»*

*^{**}Republican unitary enterprise «Vitebsk area institute of agriculture of the National Academy of Sciences of Belarus»*

The purpose of the research is to study some of the indicators of productivity, including the accumulation of photosynthetic pigments, phenol compounds and flavonoids in the leaves of blue lupine varieties Yan, Myrtan, Pershatsvet in fruiting stage and on the basis of the obtained data to identify varieties of blue lupine which possess high levels of productivity in the conditions of Vitebsk region.

Productivity indicators of the varieties were studied: plant height, number of fruit per plant, number of seeds per fruit, weight of 1000 seeds (g) as well as the content of photosynthetic indicators, phenol compounds and flavonoids in lupine leaves.

We found out that the highest rates of growth, seed production are characteristic of Myrtan variety. Yan variety is characterized by highest weight of 1000 seeds. Thus, Myrtan and Yan can be considered as promising for seed production. The highest content of chlorophyll, carotenoids was observed in Pershatsvet. As for the ratio of the sum a+b/carotenoids, Yan is characterized by the highest indicator.

Thus, plant varieties Pershatsvet and Yan have the greatest nutritional value concerning the content of photosynthetic pigments, phenol compounds and flavonoids and can be recommended for further cultivation in Vitebsk region concerning biological productivity.

Key words: development, seed and biological productivity, chlorophyll, carotenoids, phenol compounds and flavonoids.

В Республике Беларусь, как и в других странах, важное значение имеет увеличение производства растительного белка для нужд населения и животноводства. В настоящее время основными источниками растительного белка являются зернобобовые культуры, которые, используя свободный азот из воздуха, формируют богатые белками вегетативную массу и зерно.

Среди зерновых бобовых культур выделяются своими достоинствами виды однолетнего люпина. Они не только накапливают большое количество азота в надземной массе, но и благодаря симбиотической деятельности клубеньковых бактерий оставляют его в почве в результате разложения пожнивных и корневых остатков.

В сельскохозяйственном производстве возделываются в основном 4 вида люпина: желтый, узколистный, белый и многолетний. Однако в последние годы наибольшее распространение в Республике Беларусь, а также многих зарубежных странах (Австралия, Германия, Польша и др.) получил узколистный люпин, который фактически стал новой кормовой культурой.

Люпин узколистный – высокотехнологичная культура, способная накапливать до 40% белка в семенах и 20% в сухом веществе зеленой массы, обеспечивающая сбор его с гектара до 1,5–2 тонн. Белок отличается высоким качеством, высокой переваримостью и из-за низкого содержания ингибиторов трипсина может использоваться в корм любым видам животных без предварительной термообработки. Высока и потенциальная продуктивность узколистного люпина, она при оптимальных условиях возделывания может достигать 4–5 т/га семян и 450–600 ц/га зеленой массы [1].

Таким образом, люпин узколистный имеет огромный биологический и экономический потенциал, который до настоящего времени полностью не используется. Поэтому целью наших исследований является изучение некоторых показателей продуктивности, в том числе накопления фотосинтетических пигментов, фенольных соединений и флавоноидов в листьях сортов люпина узколистного Ян, Миртан, Першацвет; на основании полученных данных установление сортов люпина узколистного, обладающих высокими показателями продуктивности в условиях Витебской области.

Материал и методы. Объектами исследования послужили растения люпина узколистного следующих сортов: Ян, Миртан, Першацвет. Растения отбирались в фазу плодоношения на посевах РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси».

Сорт Першацвет получен методом индивидуального отбора в РНИУП «Институт земледелия и селекции НАН Беларуси» группой селекционеров под руководством Н.С. Купцова. Сорт имеет неветвящийся (эпигональный) стебель, высота которого достигает 65–75 см. Бобы нерастрескивающиеся, имеют длину до 6 см с 3–5 семенами, масса 1000 семян составляет 100–130 г. Сорт отличается скороспелостью и толерантностью к антракнозу, вирусам желтой мозаики фасоли и огуречной мозаики, устойчив к фузариозу, осыпанию, полеганию. Длина вегетационного периода находится в пределах 80–95 дней [1].

Миртан – сорт универсального использования, обычного дикого типа ветвления. Не имеет стадии розетки и обладает очень быстрым темпом роста и развития. Устойчив к фузариозу, толерантен к поражению вирусами. Содержание сырого протеина в зерне составляет 32–35%, алкалоидов – 0,03–0,05%. Масса 1000 семян 130–150 г, длина вегетационного периода – 95–105 суток.

Ян – растения сорта детерминантного, промежуточного типа. Высота растения 50–60 см. Урожайность зерна в среднем составила 32,9 ц/га, прибавка – 2,3 ц/га. Вегетационный период на зерно – 94 дня. Содержание сырого протеина в зерне составило 31,5%. Алкалоидов в зерне содержится 0,026%.

Экстракцию фотосинтетических пигментов в листьях растений проводили 99,5% ацетоном по методу А.А. Шлыка [1–2]. Количественное определение суммы фенольных соединений и суммы флавоноидов в листьях определяли общепринятым методом [3].

При изучении морфологических особенностей образцов растений в фазу плодоношения исследовали показатели продуктивности сортов: высота растений, количество плодов на одном растении, количество семян в плоде, масса 1000 семян (г).

Результаты и их обсуждение. Высота растений имеет важное значение в селекции, так как этот показатель в значительной мере характеризует пригодность сорта к современным технологиям. Стебель должен быть относительно коротким, достаточно толстым, устойчивым к полеганию в

плотных моноценозах, характерных для современного растениеводства. Кроме того, стебель должен депонировать избыток углеводов в период вегетативной фазы развития с последующей реутилизацией их генеративной сферы в период формирования семян [1].

При изучении высоты растений нами установлено, что наибольшими показателями роста характеризуются растения с. Миртан, которые превышают растения других сортов почти на 10 см (рис. 1 А).

Изучение процессов семенного размножения и, конечно, семенной продуктивности важно как в теоретическом, так и практическом отношении. Особое значение эти исследования имеют для ботанического ресурсоведения. С семенным возобновлением связан ряд важных вопросов, имеющих решающее значение для работ по гибридизации, акклиматизации, интродукции и рациональному использованию представителей флоры семенных растений [4]. Изучение семенного размножения растений необходимо также для раскрытия закономерностей функционирования популяций. Количественные и качественные характеристики репродуктивной способности растений в конкретных экологических условиях являются основой для получения исходного селекционного материала.

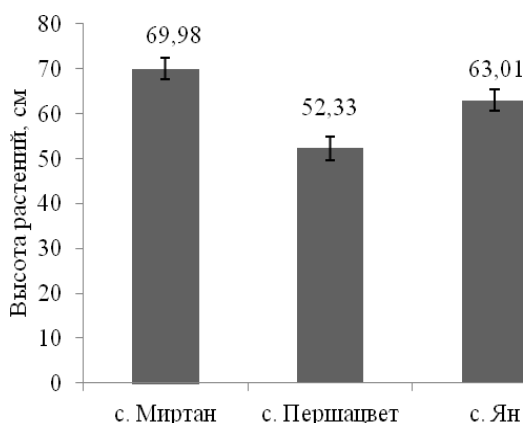
С учетом вышеизложенного представляется важным исследование внутривидовой изменчивости по семенной продуктивности сортов люпина узколистного, что позволяет оценить состояние сортов, выращиваемых на Витебщине.

Как известно, в процессе индивидуального развития растение последовательно проходит два основных этапа развития. Вегетативный, который обеспечивает оптимальный уровень развития вегетативной сферы растения, и генеративный, в течение которого образуются органы размножения и семена [4]. Семенная продуктивность характеризуется числом плодов, семян и массой семян с одного растения. Анализируя данные исследования растений по количеству плодов нами установлено, что между растениями сортов люпина узколистного Миртан, Першацвет, Ян существенных отличий не выявлено. Однако по количеству плодов у растений наибольшую ценность представляют растения сортов Миртан и Ян, у которых сформировалось $10,96 \pm 1,61$ и $10,0 \pm 1,11$ плодов. Наименьшее количество плодов ($8,66 \pm 1,11$) отмечено у растений с. Першацвет (рис. 1 Б).

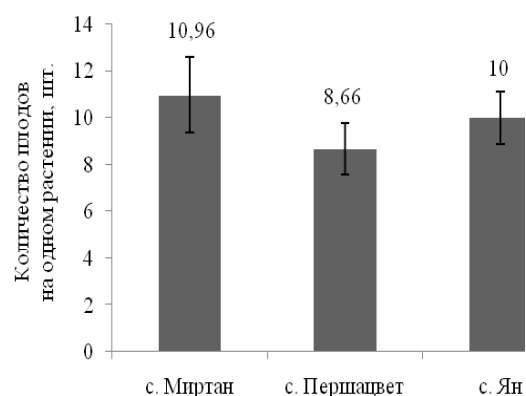
Подсчитывали количество семян с одного растения. По данному показателю растения с. Миртан статистически достоверно отличаются от растений сортов Ян и Першацвет. Нами установлено, что наибольшими значениями количества семян характеризуются растения с. Миртан, что составило $49 \pm 7,34$ шт., наименьшими – с. Першацвет ($31,83 \pm 4,84$ шт.) (рис. 1 В).

Масса 1000 семян определяют для правильного расчета нормы высева семян. На показатель массы 1000 семян влияют метеорологические факторы, приемы агротехники. В период засухи и недостатка влаги в почве семена на растениях развиваются щуплыми и легковесными. Отрицательно влияет на массу 1000 семян и полегание стеблей, поражение растений болезнями и повреждение вредителями. Приемы агротехники на семенных посевах должны способствовать повышению массы 1000 семян. Наибольшее значение имеет обеспечение растений влагой и питательными веществами. Показатель 1000 семян наибольший у сорта Ян. Значения 1000 семян сортов Миртан и Першацвет статистически не отличались друг от друга. Можно предположить, что растения с. Ян более приспособлены к условиям среды произрастания (рис. 1 Г).

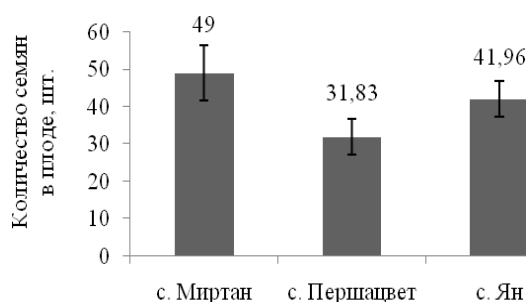
Таким образом, по показателям семенной продуктивности растения с. Миртан характеризуются наибольшим количеством плодов и семян с одного побега, а растения с. Ян характеризуются самым высоким показателем масса 1000 семян, что говорит о преимуществах семян сортов Ян, Миртан, Першацвет.



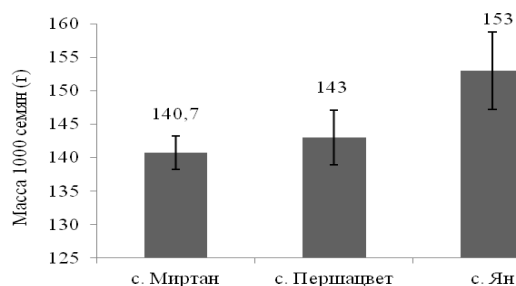
А – высота растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (см).



Б – количество плодов у растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (шт.).



В – количество семян (шт.) у растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).



Г – масса 1000 семян (г) у растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).

Рис. 1. Некоторые физиологические показатели сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).

Исследования фотосинтетической деятельности растений должны включать изучение ассимиляционного аппарата и прежде всего пигментов – хлорофиллов а, b и каротиноидов как основных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки, поскольку содержание хлорофиллов в листьях является одной из основных предпосылок высокой продуктивности растения [5].

Количество фотосинтетических пигментов хлорофиллов а и b (далее хл а, хл b), их суммы, каротиноидов определяли в листьях растений люпина узколистного в фазу плодоношения сортов Ян, Миртан, Першацвет.

Известно, что концентрация хлорофилла а – один из ключевых показателей фотосинтетического аппарата, используемых в физиологии и экологии растений. В результате исследований установлено, что наибольшее содержание хл. а отмечено у растений с. Першацвет и составляет $0,92 \pm 0,02$ мг/г, наименьшее – у растений сортов Ян и Миртан – $0,82 \pm 0,01$ мг/г сырого веса (рис. 2 А).

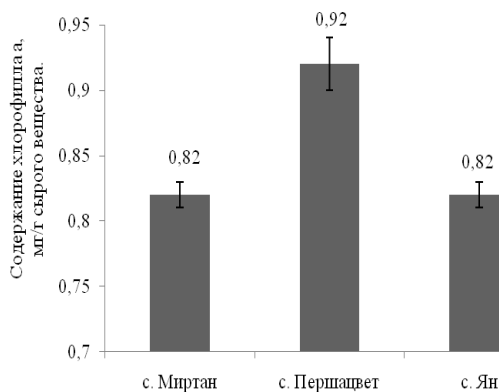
Изучали накопление хлорофилла b у растений сортов люпина узколистного. Наибольшее содержание хлорофилла b отмечено у растений с. Ян, что составляет $0,82 \pm 0,08$, наименьшее – у растений с. Миртан – $0,27 \pm 0,06$ мг/г сырого вещества (рис. 2 Б).

Что касается суммы хлорофиллов а и b, то у растений с. Першацвет отмечено их наибольшее количество, что составляет $1,67 \pm 0,05$, наименьшая сумма хлорофиллов – у растений с. Миртан ($1,09 \pm 0,07$ мг/г сырого вещества).

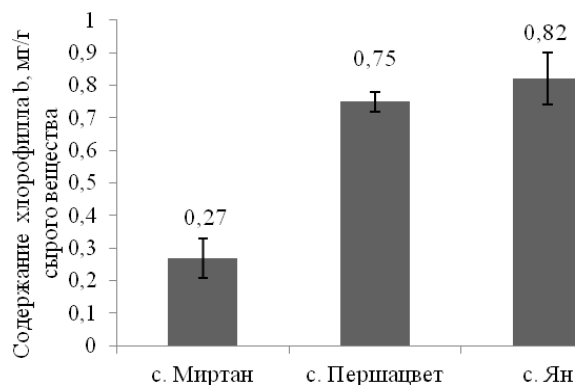
Известно, что обязательным компонентом пигментной системы растений являются каротиноиды. Они не только выполняют функцию светособирающей антенны, но и защищают от избытка света. При низкой освещенности света каротиноиды действуют как энергетическая антенна, поглощая свет в той области спектра, где нет поглощения хлорофиллами, и перенося электроны в возбужденное состояние к фотохимическим реакционным центрам. Тем самым они расширяют световой диапазон, используемый для фотосинтеза. С другой стороны, при избыточной интенсив-

ности света каротиноиды могут играть роль фотопротекторов [5]. Нами установлено, что наибольшее содержание каротиноидов показано у растений с. Першацвет, что составило, соответственно, $0,31 \pm 0,02$ мг/г сырого вещества. По данному показателю растения с. Першацвет являются более устойчивыми к условиям среды, т.к. каротиноиды выполняют защитную функцию – сохраняют хлорофиллы от избытка солнечной радиации (рис. 2 В).

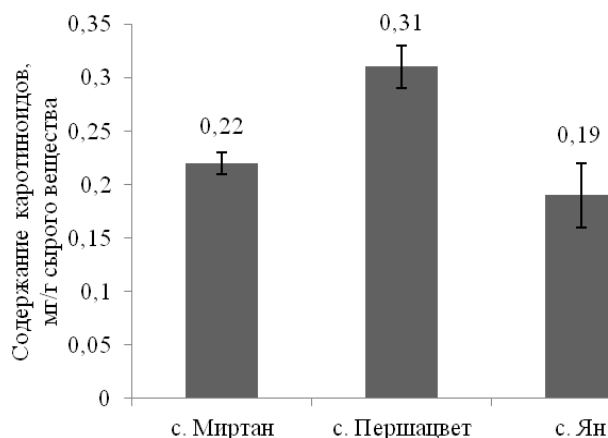
Если рассматривать отношение суммы $a+b$ /каротиноидам, следует отметить, что наибольшим показателем характеризовались растения с. Ян. У сортов Миртан, Першацвет данный показатель – наименьший (рис. 2 Г).



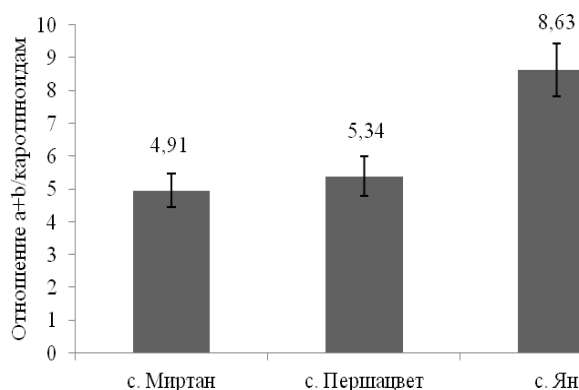
А – содержание хлорофилла а в листьях растений люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сырого вещества).



Б – содержание хлорофилла b в листьях сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сырого вещества).



В – сумма каротиноидов в листьях растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сырого вещества).



Г – отношение суммы $a+b$ /каротиноидам в листьях растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сырого вещества).

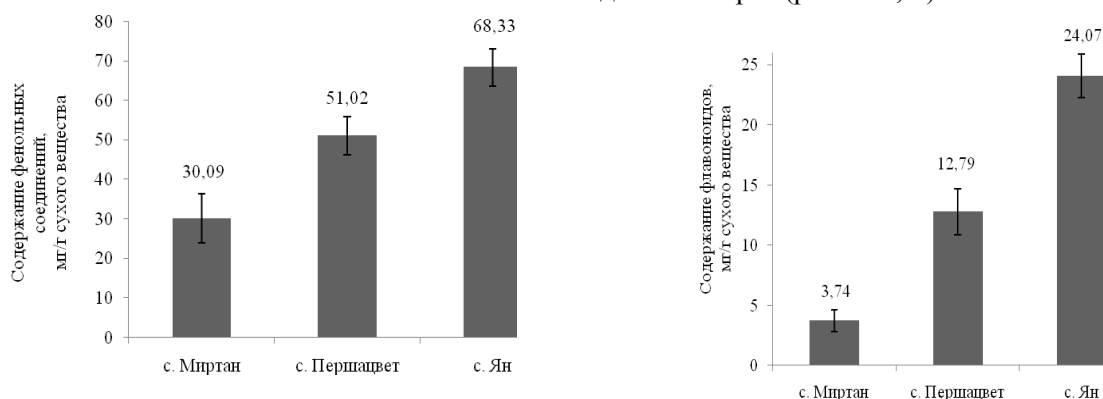
Рис. 2. Фотосинтетические показатели сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).

Таким образом, наибольшими показателями по содержанию фотосинтетических пигментов, а также их суммы характеризуются растения с. Першацвет и Ян, что говорит о высоких питательных качествах данных сортов.

Как известно, фенольные соединения – вещества ароматической природы, которые содержат одну или несколько гидроксильных групп, связанных с атомами углерода ароматического ядра [6]. Из многочисленных фенольных соединений наиболее широко распространены в растительном мире флавоноиды. С основаниями они дают желтое окрашивание. В растениях фенольные соединения играют важную роль в некоторых промежуточных этапах процесса дыхания. Участвуя в окислительно-восстановительных реакциях, они служат связующим звеном между водородом дыхательного субстрата и кислородом атмосферы. Установлено, что некоторые фенольные соединения

играют важную роль в фотосинтезе в качестве кофакторов. Они используются растениями как энергетический материал для разнообразных процессов жизнедеятельности, являются регуляторами роста, развития и репродукции, оказывая при этом как стимулирующее, так и ингибирующее воздействие. Известна антиоксидантная активность многих фенолов, они все более широко применяются в пищевой промышленности для стабилизации жиров. Поэтому изучение накопления фенольных соединений у растений сортов люпина узколистного Ян, Миртан, Першацвет, бесспорно, является важным показателем питательности зеленой массы.

Нами исследовано содержание фенольных соединений и накопление флавоноидов в листьях растений сортов люпина узколистного. Следует отметить, что наибольшее содержание фенольных соединений и флавоноидов в листьях растений отмечено у растений с. Ян. У растений с. Першацвет содержание фенольных соединений и флавоноидов оказалось средним. Сорт Миртан проявил наименьший показатель по содержанию фенольных соединений и флавоноидов, что говорит о более низких питательных качествах зеленой массы данного сорта (рис. 3 А, Б).



А – накопление фенольных соединений в листьях растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сухого вещества).

Б – накопление флавоноидов в листьях растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) (мг/г сухого вещества).

Рис. 3. Содержание фенольных соединений и флавоноидов в листьях растений сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).

Заключение. Таким образом, наибольшими показателями роста, семенной продуктивности характеризуются растения с. Миртан. Растения с. Ян характеризуются самым высоким показателем масса 1000 семян, что говорит о более высоких качествах семян растений данного сорта. Эти сорта можно рассматривать как перспективные по семенной продуктивности. Наибольшими питательными качествами по содержанию некоторых биохимических показателей (фотосинтетические пигменты, фенольные соединения и флавоноиды) обладают растения сортов Першацвет и Ян, которые могут быть рекомендованы для дальнейшего выращивания в условиях Витебской области по биологической продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлык, А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений / А.А. Шлык. – М.: Наука, 1971. – С. 154–170.
2. Запрометов, М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения. LVI Тимирязевское чтение / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1996. – 45 с.
3. Куренкова, С.В. Пигментная система в условиях подзоны средней тайги европейского Северного Востока / С.В. Куренкова. – Екатеринбург, 1988. – 114 с.
4. Купцов, Н.С. Люпин. Генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов. – Минск: Ураджай, 1993. – 576 с.
5. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
6. Вайнагий, И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Бот. журнал. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.

Поступила в редакцию 14.01.2013. Принята в печать 20.02.2013
Адрес для корреспонденции: e-mail: morozova-inna@rambler.ru – Морозова И.М.