

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС У СОРТОВ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА

Е.В. ГОЛОВИНА, В.И. ЗОТИКОВ

Решить проблему дефицита кормового белка в настоящее время невозможно без использования зернобобовых культур, в частности сои. Традиционные сорта сои происходят из Юго-Восточной Азии. Для продвижения сои в северные регионы созданы принципиально новые формы. В настоящее время селекция бобовых культур основывается на использовании признаков надземных частей растений, положительно коррелирующих с продуктивностью и другими хозяйственно полезными качествами, показатели корневой системы остаются вне поля зрения селекционеров. Однако при создании модели сорта, наряду с признаками фотосинтезирующих органов, необходимо учитывать физиологическую активность корней, а также характеристики донорно-акцепторных отношений в системе лист—корень. Мы изучали развитие корней и надземных органов у растений сои (ультраскороспелый короткостебельный сорт Магева, скороспелые сорта Свапа, Красивая Меча, Ланцетная, Белор, БММ 1/90) северного экотипа в разных погодных условиях (Орловская обл., 2005-2011 годы). Установлена адаптивная реакция растений при недостатке влаги, заключающаяся в увеличении массы корней и их поглощающей поверхности. Проанализированы распределение сухого вещества по органам растений сои и его реутилизация, а также реутилизация азота в зависимости от условий возделывания. Показано наличие взаимосвязи между развитием вегетативных органов и урожайностью.

Ключевые слова: сорта сои северного экотипа, климатические условия, корневая система и надземные органы, адсорбирующая поверхность корней, продуктивность.

Keywords: soybean, northern ecotype, climatic conditions, root and aerial parts, absorption surface of the roots, productivity.

Одна из проблем кормопроизводства при интенсивном животноводстве — дефицит белковых компонентов, особенно имеющих животное происхождение (57 %) и полученных в результате микробиологического синтеза (92 %). Нехватка первых обусловлена узкой сырьевой базой, а также разработкой современных безотходных технологий с максимальной утилизацией сырья при производстве продуктов питания, вторых — дороговизной и ограничениями, связанными с требованиями экологической безопасности. Решить проблему дефицита кормового белка в настоящее время невозможно без использования зернобобовых культур, в частности сои (1, 2). По содержанию белка в семенах (до 55 %) и в зеленой массе (до 20 %) соя превосходит другие зернобобовые культуры, а по его качеству белок сои приближается к белкам животного происхождения. Соя — масляная культура, в ее семенах накапливается до 27 % жира. Жмыхи, шроты, крупка из семян сои обладают высокими кормовыми достоинствами.

Традиционным сортам сои, происходящим из Юго-Восточной Азии, требуется сумма активных температур около 3000 °С. Для продвижения сои в северные регионы созданы принципиально новые формы, которым для созревания достаточно 1800-2100 °С (3).

Реализация потенциала сорта по урожайности зависит от погодноклиматических условий вегетации и почвенных характеристик. Поскольку отличительная особенность высших растений как динамических систем с функциональными связями заключается в способности адаптироваться к действию факторов, изменяющихся в процессе вегетации, в конечном счете формирование урожая — это результат устойчивости к подобным колебаниям (4). В идентичных экстремальных (стрессовых) условиях сорта одной и той же культуры снижают потенциальную продуктивность в разной

степени, то есть проявляют неодинаковую устойчивость к стрессам (5, 6).

Известно, что степень развития и физиологическая активность корневой системы тесно взаимосвязаны с продуктивностью растений (7). Функции корневой системы как органа, осуществляющего минеральное питание, детерминированы площадью ее поверхности и способностью поглощать питательные вещества в зависимости от их количества в ризосфере (8). Установлено, что для устойчивых к засухе сортов характерно формирование мощной, быстро растущей и разветвленной корневой системы (9).

В настоящее время селекция бобовых культур основывается на использовании признаков надземных частей растений, положительно коррелирующих с продуктивностью и другими хозяйственно полезными качествами. Показатели корневой системы остаются вне поля зрения селекционеров (10) из-за отсутствия относительно простых и надежных способов оценки состояния корневой системы, высокой трудоемкости существующих методов определения и ограниченности возможных объемов отбора.

Трофическая система растений включает фотосинтетический аппарат и корневую систему, которые физиологически полярны, что обусловлено функционированием в неодинаковых условиях, а также использованием разного энергетического сырья и первичных продуктов ассимиляции. При этом общей, объединяющей корни и листья функцией служит именно ассимиляция (11). Таким образом, растительный организм представляет собой целостную трофическую систему, функционирующую одновременно в двух различных режимах среды и трансформирующую элементы питания и солнечную энергию (12).

Ослабление фотосинтеза приводит к уменьшению образования и перемещения ассимилятов в корни, вследствие чего подавляется их жизнедеятельность и снижается поглощение питательных веществ из почвы.

Таким образом, при создании модели сорта, наряду с признаками фотосинтезирующих органов, необходимо учитывать физиологическую активность корней, а также характеристики донорно-акцепторных отношений в системе лист—корень (13). Однако особенности развития и функционирования корневой системы растений у сортов сои северного экотипа малоизученны.

Цель настоящего исследования состояла в оценке влияния разных погодных условий на формирование корневой системы и надземной массы у этих сортов в связи с семенной продуктивностью.

Методика. Эксперименты проводили в 2005–2011 годах (Орловская обл.) в полевых условиях на 6 сортах сои северного экотипа, различающихся по происхождению, скороспелости, биологической и хозяйственной продуктивности, — ультраскороспелом короткостебельном сорте Магева (учреждение-оригинатор — Рязанский научно-исследовательский и проектно-технологический институт АПК), а также скороспелых сортах Белор, БММ 1/90, Свапа, Красивая Меча, Ланцетная (Всероссийский НИИ зернобобовых культур). Погодные условия в период исследований учитывали на основании данных агрометеорологической станции (г. Орел).

Урожай зеленой массы и накопление сухого вещества определяли в соответствии с методическими указаниями (14), адсорбирующую поверхность корней — согласно описанию (15, 16). Степень реутилизации азота оценивали балансовым методом по уменьшению (в процентах) абсолютного содержания этого элемента в вегетативных органах за период налива семян относительно максимального содержания (17).

Данные обрабатывали статистически по Б.А. Доспехову (18).

Результаты. Погодные условия за время проведения исследований

были контрастными (табл. 1). Так, в 2005 году в мае, июле, августе и I декаде сентября (период уборки) среднемесячная температура оказалась выше среднемноголетней на 1-3 °С, увлажнение в мае—июле в период вегетативного роста было достаточным, в августе в фазу налива бобов — пониженным, гидротермический коэффициент (ГТК) равнялся 1,6 (год среднеувлажненный). В течение эксперимента самым холодным стал 2006 год (особенно в период всходы—ветвление и во время плодообразования, когда среднемесячная температура снизилась относительно среднемноголетней на 1,5 °С). В течение вегетации выпало значительное количество осадков, в том числе в период налива бобов, когда сое требуется более низкая влагообеспеченность (60-70 % ППВ). В 2006 году гидротермический коэффициент составил 2,5 (избыточное увлажнение). В 2011 году количество осадков находилось на уровне 2006 года, но сумма эффективных температур оказалась выше средней многолетней на 300 °С, то есть год был теплым с высоким увлажнением (ГТК = 2,0). 2007 и 2009 годы характеризовались температурой выше среднемноголетней в течение вегетации (в среднем на 2 °С) и недостаточным увлажнением. В 2007 году к периоду полной спелости сумма осадков составила 164,4 мм, что в 2 раза меньше требуемого для нормального развития сои, при ГТК соответственно 0,9 и 1,2 (то есть годы засухливые). 2010 год зафиксирован как экстремально жаркий и засухливый с суммой эффективных температур на 670 °С выше среднемноголетней и ГТК = 0,6.

1. Метеорологические условия с мая по сентябрь по годам исследования (Орловская обл.)

Показатель	2005	2006	2007	2009	2010	2011
Сумма эффективных температур, °С	1923,8	1793,8	2018,7	1923,0	2435,9	2015,4
Сумма осадков, мм	308,6	447,8	226,9	243,7	208,9	407,8
Средняя многолетняя сумма эффективных температур, °С	1710					
Средняя многолетняя сумма осадков, мм	335					

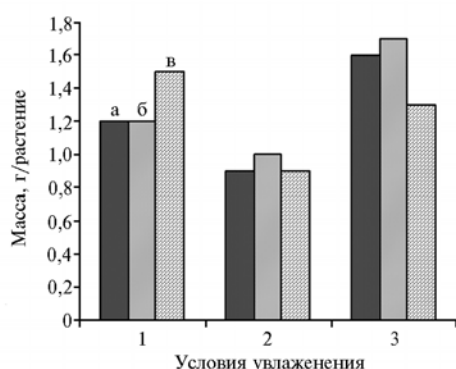


Рис. 1. Масса корней у изученных сортов сои северного экотипа в годы с разным увлажнением: а, б, в — соответственно сорта Ланцетная, Магева, Свапа; 1, 2 и 3 — соответственно засухливые, среднеувлажненный и влажные годы (полевые опыты, Орловская обл., 2005-2011 годы). Описание сортов по скороспелости см. в разделе «Методика».

Контрастные погодные условия позволили выявить реакцию сортов сои на условия выращивания. Хорошее развитие корневой системы, как известно, обеспечивает повышенную экологическую устойчивость сорта (прежде всего к засухе). По данным наших исследований, в засухливые годы (2007, 2009 и 2010) по сравнению со среднеувлажненным 2005 годом масса корней у изученных сортов сои была выше в среднем на 40 % (рис. 1), а у сорта Свапа показатели развития корневой системы растений в годы с недостаточным увлажнением даже превышали таковые для избыточно влажных 2006 и 2011 годов. При засухе корневая система функционировала как активный до-

нор пластических веществ, что свидетельствует о саморегуляции метаболизма на уровне взаимодействия органов.

Важнейшим показателем, характеризующим поглотительную ак-

тивность корней, служит их адсорбирующая поверхность. Активное поглощение солей тесно связано с обменом веществ и определяется им. Обеспечение растений нутриентами зависит от размеров корневой системы и средней скорости поглощения, то есть от величины потока элементов минерального питания через поверхность корней (17). В условиях засухи у сортов сои наблюдался рост активной адсорбирующей поверхности (рис. 2).

В экстремально жарком и засушливом 2010 году этот показатель был в среднем в 2 раза выше, чем во влажном 2011 году, что свидетельствует о высоких компенсаторных возможностях корневой системы у сортов сои северного экотипа при недостатке влаги.

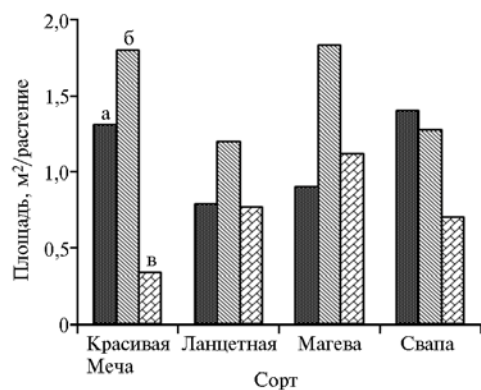


Рис. 2. Активная адсорбирующая поверхность корней у изученных сортов сои северного экотипа в период цветения в засушливый 2009 (а), экстремально засушливый 2010 (б) и влажный 2011 (в) годы (полевые опыты, Орловская обл., 2005-2011 годы). Описание сортов по скороспелости см. в разделе «Методика».

Так, коэффициент корреляции (R_{05}) в 2005 году составил 0,757, в 2006 — 0,584, в 2007 — 0,943, в 2009 — 0,763, в 2010 — 0,896 и в 2011 году — 0,895.

Следствием влияния засухи на рост сои стало изменение вклада отдельных органов в общую массу растения (рис. 3, А). В засушливые годы доля стеблей и бобов снижалась, корней — возрастала при процентном содержании листовой массы на уровне показателя для влажных лет. В благоприятных условиях среднеувлажненного и теплого 2005 года доля бобов превышала соответствующее значение как в засушливые, так и во влажные годы. При этом в сухие годы снижалась масса практически у всех органов, кроме корней (см. рис. 3, Б). Масса листьев уменьшалась в среднем в той же степени, что и общая надземная масса, тем самым их доля в общей массе сохранялась. Это согласуется с отсутствием различий по чистой продуктивности фотосинтеза в сухие и влажные годы (соответственно 5,0 и 5,3 г·м⁻²·сут⁻¹) и означает, что этот показатель для единицы массы листьев остается стабильным. В то же время масса стебля уменьшалась в большей степени, чем масса листьев и бобов.

Указанные сдвиги в распределении сухой массы увеличивают нагрузку на ассимиляционный аппарат во второй половине вегетации, что в сочетании со снижением его активности обостряет диспропорцию между фондом ассимилятов и потребностями плодов. У растения есть следующие возможности преодоления этого дисбаланса: абортывание части завязей, использование запасных веществ, формирование более мелкого зерна.

Надземная масса в зависимости от влагообеспеченности развивалась следующим образом: в засушливые годы происходило подавление ростовых процессов и накопления фитомассы, а наибольшую вегетативную массу растения сои формировали в годы с достаточным увлажнением. Связь между урожайностью и развитием вегетативных органов отмечали как в засушливый 2007 год, так и во влажный 2006 год: в 2007 году коэффициент корреляции между массой семян и надземной массой составил 0,708, массой семян и массой корней — 0,544, в 2006 году между массой семян и корневой массой — 0,566. Была выявлена тесная взаимосвязь между надземной массой и массой корней.

Реутилизация сухого вещества из вегетативных органов и корней в засушливые годы в среднем достигала 73,4 %, азота — 73,5 %, что более чем в 1,5 раза выше показателей для среднеувлажненного 2005 года (табл. 2). Масса 1000 зерен в годы с недостаточным увлажнением уменьшалась в среднем на 26 % по сравнению с таковой в избыточно влажные годы и на 18 % — относительно показателя 2005 года. Негативное влияние засухи приводило к падению урожайности в среднем на 70 % (см. табл. 2).

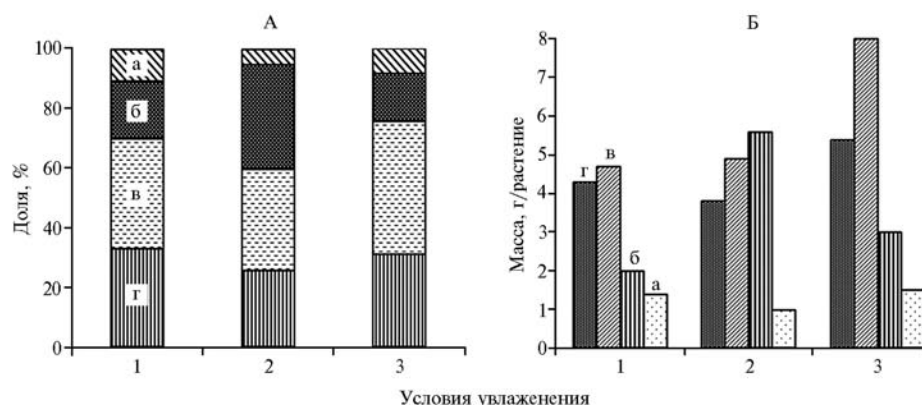


Рис. 3. Распределение сухого вещества по органам (А) и масса органов (Б) у растений изученных сортов сои северного экотипа в разные по увлажнению годы: а — корни, б — бобы, в — стебли, г — листья; 1, 2 и 3 — соответственно засушливые, среднеувлажненный и влажные годы (фаза налива бобов, полевые опыты, Орловская обл., 2005-2011 годы). Описание сортов см. в разделе «Методика».

2. Реутилизация питательных веществ и урожайность у растений изученных сортов сои северного экотипа в разные по увлажнению годы (полевые опыты, Орловская обл., 2005-2011 годы)

Показатель	Засушливые годы	Среднеувлажненный год	Влажные годы
Реутилизация сухого вещества из вегетативной массы и корней, %	73,4	44,8	76,1
Реутилизация N из вегетативной массы и корней, %	73,5	60,5	67,7
Масса 1000 зерен, г	114,8	135,7	145,1
Урожайность зерна, т/га	1,48	2,15	2,52

Примечание. Описание сортов см. в разделе «Методика».

Возделывание сортов сои северного экотипа в Центральном районе России позволяет получить в зависимости от условий года урожайность зерна от 1,1 до 3,6 т/га (табл. 3). За период исследований сорт Свапа по продуктивности превзошел остальные сорта (в среднем 2,1 т/га), у сорта Магева была самая низкая урожайность в среднем за 6 лет (1,7 т/га).

3. Урожайность зерна (т/га) у изученных сортов сои северного экотипа по годам наблюдений (полевые опыты, Орловская обл.)

Сорт	2005	2006	2007	2009	2010	2011	Среднее
Ланцетная	2,21	1,94	1,69	1,86	1,06	3,19	1,99
Свапа	2,36	2,25	1,45	1,66	1,31	3,62	2,11
Магева	1,82	1,82	0,87	2,13	1,15	2,36	1,69
Белор	1,88	2,13	1,62	1,88	1,18	3,05	1,96
БММ 1/90	1,54	2,13	1,35	1,89	1,16	2,89	1,83
Красивая Меча				1,39	1,13	3,02	1,85
НСР ₀₅	0,258	0,320	0,312	0,150	0,183	0,538	

Таким образом, при экстремальных воздействиях среды устойчивость растений реализуется через сложный комплекс процессов, координируемых системой саморегуляции в соответствии с генетической программой адаптации организма к абиотическим стрессам. В условиях засухи у северных экотипов скороспелых сортов сои одно из проявлений устой-

чивости заключается в увеличении массы корней и их активной адсорбирующей поверхности. При этом установлена положительная корреляция между развитием корневой системы, надземной массы и зерновой продуктивностью растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по использованию в составе комбикормов для свиней полножировой инактивированной (термообработанной) сои — «Ассоя». Подольск. 2002.
2. Ohyama T., Minagawa R., Ishikawa S., Yamamoto M., Van Phi Hung N., Ohtake N., Sueyoshi K., Sato T., Nagumo Y., Takahashi Y. Soybean seed production and nitrogen nutrition agricultural and biological sciences. In: A comprehensive survey of international soybean research — genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships /J. Board (ed.). Croatia, Rijeka, 2013.
3. Посыпанов Г.С. Соя в Подмосковье. М., 2007.
4. Гончарова Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погоднo-климатическим аномалиям. Сельскохозяйственная биология, 2011, 1: 24-31.
5. Удовенко Г.В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам. В сб.: Физиологические основы селекции. СПб, 1995: 293-352.
6. Батыгин Н.Ф. Физиология онтогенеза. В сб.: Физиологические основы селекции. СПб, 1995: 293-352.
7. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование модели сорта. Вестник сельскохозяйственной науки, 1983, 9: 9-16.
8. Барбер С.А. Поступление питательных веществ из почвы в корни растений. Физиология и биохимия культурных растений, 1979, 11(3): 209-217.
9. Кумаков В.А., Чернов В.К., Кузьмина К.И., Павлова С.С., Горбунов В.В. Связь фотосинтетической деятельности с работой корневой системы сортов яровой пшеницы. Докл. ВАСХНИЛ, 1972, 1: 17-20.
10. Новикова Н.Е. Особенности развития корневой системы у различных генотипов гороха. Мат. науч.-метод. координационного совещания. Орел, 1996: 73-78.
11. Климашевская Н.Ф. Физиолого-генетическая организация трофики современной пшеницы. В сб.: Физиологические основы селекции растений. Т. 2. Теоретические основы селекции. СПб, 1995: 157-202.
12. Климашевский Э.Л. Проблема генотипической специфики корневого питания растений. В сб.: Сорт и удобрение. Иркутск, 1974: 11-53.
13. Климашевский Э.Л. Физиолого-генетические основы агрохимической эффективности растений. В сб.: Физиологические основы селекции растений. Т. 2. Теоретические основы селекции. СПб, 1995: 97-157.
14. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1997.
15. Steudle E. The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 2001, 52: 847-875.
16. Hinsinger P., Bengough A.G., Vetterlein D., Young I.M. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. Plant Soil, 2009, 321: 117-152.
17. Новикова Н.Е. Определение реутилизации веществ как метод изучения донорно-акцепторных отношений в растениях. Мат. Межд. науч.-метод. конф. «Продукционный процесс сельскохозяйственных культур». Орел, 2001, ч. 1: 101-104.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979.

*ГНУ Всероссийский НИИ зернобобовых культур
Россельхозакадемии,
302502 г. Орел, п/о Стрелецкое,
e-mail: office@vniizbk.orel.ru*

*Поступила в редакцию
21 мая 2012 года*

THE EFFECT OF CLIMATIC FACTORS TO VEGETATION AND YIELD FORMATION IN SOYA VARIETIES OF THE NORTHERN ECOTYPE

E.V. Golovina, V.I. Zotikov

Summary

To overcome the fodder protein deficite, grain legumes, and the soya particularly,

should be used. The common soya varieties originate from South-East Asia, and for the northern regions the special varieties have been bred. Breeding technologies are usually based on the above-ground part traits which correlate with the productivity and other desired parameters. But in a model variety the physiological function of roots and also the donor/acceptor relations of leaves and roots should be considered. In our examination, the development of roots and the above-ground parts in soybean was compared in the ultra early short-stem variety Mageva and the early varieties Svapa, Krasivaya Mecha, Lancetnaya, Belor, BMM 1/90 of the northern ecotype. The investigations were conducted in Orlovskaya district in the years, contrasting on climatic conditions. The adaptation to water deficit was shown to occur as an increase of the root mass and absorption surface. A dry matter distribution between the organs of plants, its reutilization and nitrogen reutilization were estimated in the years with different moistening. In all varieties the growth of above-ground parts correlated with the seed yield.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. В журнале «Сельскохозяйственная биология» публикуются обзорные, проблемные, оригинальные экспериментальные и методические работы по генетике и селекции сельскохозяйственных растений и животных, защите их от вредителей и болезней, молекулярной биологии, физиологии, биохимии, биофизике, радиобиологии, иммунитету, представляющие интерес для сельского хозяйства. Не публикуются статьи серийные и статьи, излагающие отдельные этапы исследований, которые не позволяют прийти к определенным выводам.
2. Статьи представляются тщательно отредактированными, в 2 экземплярах, напечатанных на одной стороне листа через два интервала (шрифт 14 Times New Roman) на бумаге стандартного формата, с приложенным диском (дискетой) с файлом статьи в программе Word for Windows. Рукопись должна быть подписана авторами и иметь заверенное печатью направление (на публикацию в журнале и в сети Интернет) от учреждения, в котором выполнена работа, подтверждающее, что материалы публикуются впервые.
3. При оформлении статей, содержащих экспериментальные данные, необходимо придерживаться следующей схемы: обзор литературы, цель исследования, методика, результаты и выводы. Объем обзорных и проблемных статей, включая список литературы, не должен превышать 18-22 стр., экспериментальных — 10-12 стр., кратких сообщений — 5 стр. К статье необходимо приложить реферат и краткое резюме для перевода на иностранный язык.
4. Иллюстрации и подрисовочные подписи представляются в 2 экземплярах. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями с их пояснениями в подписи к рисунку. Таблицы приводятся в тексте. Максимальное число таблиц — 3, рисунков — 3; в кратких сообщениях — или 1 таблица, или 1 рисунок.
5. Формулы следует вписывать разборчиво. Во избежание ошибок в формулах необходимо размечать прописные (заглавные) и строчные буквы, а также верхние и нижние индексы. Сокращаемые слова (названия препаратов, химических соединений, методов, учреждений, латинские названия видов и др.) при первом упоминании приводятся полностью (иностранные — также с русским переводом). При упоминании вида микроорганизмов следует руководствоваться правилами по номенклатуре микроорганизмов («Международный Кодекс номенклатуры бактерий». М., 1978). Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81).
6. Список литературы должен содержать лишь те источники, на которые имеется ссылка в статье. Составляется список в порядке очередности упоминания этих источников в тексте. Для цитируемых книг и сборников приводятся: фамилия и инициалы всех авторов, название, место издания (город, для иностранных источников — город и страна) и год издания; для материалов научных собраний следует указать название, время и место проведения научного мероприятия, название конференции, симпозиума и т.д., при наличии редакторов сборника или книги — указать их фамилии и инициалы; при наличии тома, выпуска указываются их номера, приводятся номера цитируемых страниц «от-до»; для журнальных статей указываются фамилия и инициалы всех авторов, название статьи, полное название журнала, год издания, том, номер (выпуск), страницы «от-до».
7. Необходимо указать фамилию, имя и отчество всех авторов рукописи полностью, место работы, адрес и телефоны (служебный, домашний, мобильный), а также адрес электронной почты (e-mail) для согласования авторского экземпляра статьи.
8. При несоблюдении этих требований статья к рассмотрению не принимается. При отправке на доработку датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта статьи.
9. Аспиранты публикации не оплачивают. Копии отрицательных рецензий направляются авторам, положительных — предоставляются по запросу.
10. Экземпляр журнала с опубликованной статьей авторам не высылается. Журнал распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается. Рукописи не возвращаются

Всероссийский НИИ птицеводства предлагает вниманию читателей издания:

Технология инкубации яиц сельскохозяйственной птицы. Методические наставления. М., 2011.
Внедрение инновационных разработок в птицеводстве РФ (2006-2010). М., 2011.
Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы. М., 2011.
Производство яиц и мяса перепелов в современных условиях. М., 2011.
Технологии и технические средства для переработки помета на птицефабриках. М., 2011.
Аэробная твердофазная ферментация птичьего помета. Технологический процесс. М., 2011.

Информация и приобретение литературы: <http://www.vnitip.ru>
Тел. +7 (496) 547-70-70, 551-65-04, 551-21-85, факс +7 (496) 551-21-38