

УДК 573:574:621.311

О. И. Родькин<sup>1</sup>, О. А. Шкутник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие

«Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УП «Минскградо», г. Минск, Республика Беларусь

## ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕХНИКИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БЫСТРОРАСТУЩЕЙ ИВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО БИОТОПЛИВА

В статье представлены результаты полевых исследований по оценке эффективности агротехнических приемов возделывания быстрорастущей ивы на энергетических плантациях. Анализ зарубежного опыта показывает, что существует ряд актуальных вопросов в этой области, изучение которых позволит улучшить урожайность ивы. Результаты наших исследований, проведенных в центральной и южной агроклиматических зонах Республики Беларусь, показали, что достоверных различий по урожайности между вариантами с одинаковой густотой и различными способами посадки растений ивы не наблюдалось. В то же время прибавка урожайности растений при более высокой плотности посадки подтверждается статистически. Эффективным приемом для контроля однолетних двудольных и злаковых сорняков на плантациях ивы при высокой плотности засорения посадок является внесение гербицида гезагард по вегетирующим растениям. При сроках уборки ивы через два месяца после окончания вегетационного периода (декабрь) влажность древесины снижается на 19–25%, что позволяет повысить энергоэффективность сжигания древесины на 13–15%.

➤ **Ключевые слова:** агротехника, быстрорастущая ива, древесина, урожайность, эффективность.

### Введение

Одним из эффективных направлений биоэнергетики, которому уделяется значительное внимание, как в зарубежных, так и отечественных исследованиях, является создание специальных энергетических плантаций деревьев или сельскохозяйственных культур. Разработаны технологии создания и выращивания энергетических плантаций сосны, березы и лиственницы, которые позволяют получать до 150–200 м<sup>3</sup> ценной топливной древесины с одного гектара плантаций [4]. Изучение потенциала для энергетического использования быстрорастущих подвидов и гибридов ивы, тополя, осины, мискантуса сегодня активно проводится в ряде зарубежных стран (Швеция, Финляндия, США, Канада, Польша и др.) [2, 3]. В этой связи, особый интерес вызывает ива, как растение способное произрастать в условиях повышенной увлажненности, на разных типах почв характеризующихся различным уровнем плодородия. Среднегодовой урожай при четырехлетней ротации ивы в соответствии с результатами, полученными в ряде зарубежных стран, может достигать до 10–15 т сухой древесины с гектара (Швеция, США, Канада). Получение высоких урожаев древесины быстрорастущих клонов ивы требует использования специальной агротехники. По существу деревья возделываются как обычные сельскохозяйственные культуры с применением специфического набора агротехнических приемов [8, 9]. Разработана базовая агротехника, которая включает ряд основных элементов.

Подготовку участка необходимо начинать в год, предшествующий закладке плантации. В качестве предшественника подходит большинство сельскохозяйственных культур. Обязательным условием является внесение глифосатных гербицидов сплошного действия, типа «раундап» или его аналогов. Следует учесть, что для того, чтобы гербицид подействовал, температура воздуха не должна быть ниже +10–12 °С. Для увеличения эффективности действия при прохладной погоде рекомендуется внесение в рабочий раствор 5% мочевины. Гербицид вносится в концентрации 4–6 л/га штанговыми опрыскивателями при расходе рабочего раствора 200 л/га. После окончания периода ожидания действия гербицидов (2–3 недели), когда погибнет вся растительность на участке, производится вспашка. При кислотности почвы (рН) ниже 5 проводят известкование почвы. Известковые удобрения целесообразно вносить под вспашку для лучшего перемешивания с почвой и нейтрализации кислотности.

Весной перед посадкой проводится культивация почвы. Рыхление почвы создает соответствующие условия аэрации, уничтожает сорняки, увеличивает почвенное плодородие. Поэтому в весенний период перед посадкой проводится обработка участка чизелем или тяжелыми дисковыми бородами и 2–3 культивации на глубину 10–12 см. [10].

Эффективное производственное внедрение ивовых плантаций требует подбора и использования продуктивных клонов ивы. Опыт стран, продолжительное время культивирующих технологию возделывания и внедряющих ивовые посадки, показывает, что продуктивность культуры значительно колеблется в зависимости от почвенно-климатических условий, разновидностей и гибридов ивы, особенностей агротехники [12]. Поэтому успешное внедрение плантаций требует использования наиболее перспективных гибридов или сортов ивы для наших условий. При закладке плантации в каждом конкретном случае необходимо опираться на соответствие определенных таксонов ив климатическим условиям региона и почвенно-гидрологическим характеристикам участка, показатели их устойчивости к аномальным климатическим факторам, вредителям и болезням, динамику нарастания фитомассы и интенсивности побегообразования. При создании крупных промышленных плантаций следует избегать моноклоновости, т. е. использования единственного сорта (клона). Как установлено для других сельскохозяйственных культур, существует четко выраженная сортовая зависимость от внешних условий. Поэтому для обеспечения стабильного выхода продукции независимо от сложившихся на определенный период погодных условий целесообразно использовать 2–3 сорта, различающихся между собой. Такие тенденции справедливы и при выращивании ив. Как, например, показали экспериментальные посадки ивы в Гомельской области [7], кулисное смешение хорошо адаптированных клонов обеспечивает более высокий выход биомассы, повышает сопротивляемость к болезням, снижает воздействие вредителей и позволяет повысить конкурентоспособность.

Посадочный материал для закладки плантации заготавливают поздней осенью либо в ранневесенний период после прекращения сильных морозов и до начала распускания почек [11]. Для производства черенков срезают 1–2-летние побеги. Временное хранение посадочного материала, чтобы избежать потери вследствие подсыхания и снижения приживаемости черенков, лучше проводить в очищенных от боковых побегов хлыстах длиной 1–2 м.

Нарезку хлыстов проводят за 3–7 дней до посадки черенков. Черенки нарезают длиной по 22–25 см, оптимальная толщина побегов – 0,7–2 см. Черенки высаживаются в почву на глубину 15–20 см с оставлением над поверхностью верхушки высотой 1–2 см. Густота посадки ивы зависит от схемы и сложившейся технологии. Количество растений может колебаться от 15 до 40 тыс. на гектаре.

Анализ представленных данных показывает, что существует ряд вопросов, изучение которых позволит улучшить урожайность ивы применительно к условиям Республики Беларусь.

Одним из важных элементов агротехники является обоснование оптимальной схемы и густоты посадки растений. Схема и густота посадки растений на плантациях, в значительной степени влияет на себестоимость древесины ивы. Стоимость одного оригинального черенка западной селекции составляет 3–5 евроцентов и при густоте посадки около 20 000 растений на гектар затраты на посадочный материал составят 600–1000 евро. Схемы посадки ивы на плантациях зависят от технологии (ручная, индустриальная) от ширины междурядий и способов (сплошная и ленточная посадка). В Европе и США традиционная ширина междурядья при возделывании пропашных культур составляет 75 см, что соответствует технологической колее тракторов, используемых в сельскохозяйственном производстве [9]. В Республике Беларусь традиционная ширина междурядий для пропашных культур составляет 70 см, что так же связано с использованием специальной техники. От выбранной схемы посадки (сплошная или с ленточной высадкой черенков ивы) зависит использование уборочной техники определенного класса. Таким образом, проведение исследований в данном направлении необходимо для обоснования оптимальных схем и густоты посадки растений ивы в условиях Республики Беларусь.

Контроль сорных растений в первые месяцы после посадки черенков ивы обеспечивается за счет предварительного внесения почвенных гербицидов. После укоренения черенков ивы при сильной засоренности плантаций рекомендуется вносить гербициды по вегетирующим растениям.

За рубежом для применения по вегетирующим растениям на посадках ивы наиболее эффективны препараты сим-триазиновой группы [6], которые не включены в каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь. В каталоге так же отсутствует перечень пестицидов, в том числе гербицидов, рекомендуемых для защиты посадок ивы. Исследования по оценке эффективности применения гербицидов по вегетирующим растениям ивы в нашей стране ранее не проводились.

Теплотворная способность древесины ивы в значительной степени определяется уровнем влажности, так как испарение воды требует затрат энергии. От оптимальных сроков уборки древесины ивы зависят ее влажность и, соответственно, удельная теплота сгорания. При увеличении влажности на 20%, снижение теплотворной способности составляет приблизительно 25%. Влажность щепы,

полученной из свежесрубленных деревьев, составляет от 50 до 60% от ее общего веса, что является слишком высоким показателем для эффективной работы котлоагрегатов [5, 13].

Таким образом, целью наших исследований была разработка ряда адаптивных для почвенно-климатических условий Республики Беларусь агротехнических приемов возделывания ивы.

### Методика и условия проведения исследований

Полевой эксперимент по изучению динамики роста и продуктивности растений ивы в зависимости от схемы и густоты посадки был заложен на экспериментальном участке в Кобринском районе на деградированных торфяных почвах.

Полевой эксперимент включал следующие варианты опыта:

1. Сплошная посадка. Междурядье – 70 см. Расстояние между растениями в ряду – 45 см, густота посадки – 31,7 тыс. растений/га. Вариант С+45.
2. Сплошная посадка. Междурядье – 70 см. Расстояние между растениями в ряду – 65 см, густота посадки – 21,9 тыс. растений/га. Вариант С+65.
3. Сплошная посадка. Междурядье – 70 см. Расстояние между растениями в ряду – 90 см, густота посадки – 15,8 тыс. растений/га. Вариант С+90.
4. Ленточная посадка. Расстояние между лентами – 140 см, между рядами в ленте – 70 см, между растениями – 30 см, густота посадки – 31,7 тыс. растений/га. Вариант Л+30.
5. Ленточная посадка. Расстояние между лентами – 140 см, между рядами в ленте – 70 см, между растениями – 45 см, густота посадки – 21,1 тыс. растений/га. Вариант Л+45;
6. Ленточная посадка. Расстояние между лентами – 140 см, между рядами в ленте – 70 см, между растениями – 60 см, густота посадки – 15,8 тыс. растений/га. Вариант Л+60.

Исследования эффективности гербицидов для борьбы с сорняками на посадках ивы проводились на Лидском экспериментальном участке на выработанных торфяниках. Преобладающими видами сорняков были: ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*), горец вьюнковый (*Fallópia convólvulus*), куколь обыкновенный (*Agrostemma githágo*), куриное просо (*Echinóchloa crus-gáll*), пырей ползучий (*Agropyrum repens*), осот полевой (*Sónchus arvénsis*). Засоренность посадок ивы варьировала в пределах от 25 до 50 сорняков на м<sup>2</sup>.

Влияние сроков уборки на влажность древесины ивы изучали на Кричевском экспериментальном участке, в центральной агроклиматической зоне страны, на дерново-подзолистых суглинистых почвах.

Во всех полевых экспериментах площадь опытной делянки составляла 25 м<sup>2</sup>, повторность опыта четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Расстояние между опытными делянками составляло 1,4 м, между ярусами – 1 м. Схема посадки ленточная, с расстоянием между лентами 140 см и между рядами в ленте 70 см.

### Результаты исследований

По окончании первого месяца вегетации растения ивы на вариантах с более разреженной посадкой опережали в росте растения на вариантах с плотной посадкой. К концу первого года вегетации, высота растений ивы на варианте Л+60 и С+90 достигала величины 2,5 метров, и они достоверно превосходили по данному показателю варианты С+45 и Л+30 (рис. 1). При одинаковой густоте растения на вариантах с использованием сплошного способа посадки развивались несколько лучше, чем на вариантах с ленточным способом.

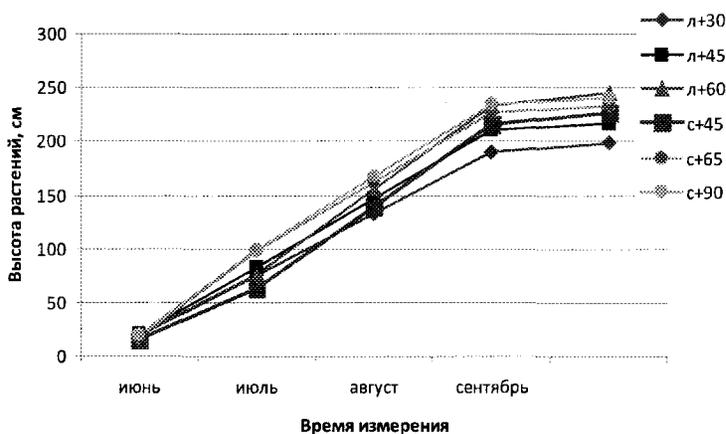


Рисунок 1 – Динамика высоты растений ивы первого года при различных схемах посадки, 2008 г., НСР<sub>05</sub> = 25,41 на 15.10.2008 г.

Выявленные тенденции усилились в следующие два года (рис. 2). На плантации ивы третьего года наблюдаются достоверные различия между вариантами по высоте растений. Растения на вариантах с более плотными схемами посадки (С+45, Л+30, Л+45) начинают отставать по высоте от вариантов с более разреженной схемой посадки. На второй год выращивания растения ивы достигали высоты 3–4 м, а на третий год – 5–5,5 м, что соответствует динамике их роста на данный период в зарубежных странах по данным литературных источников.

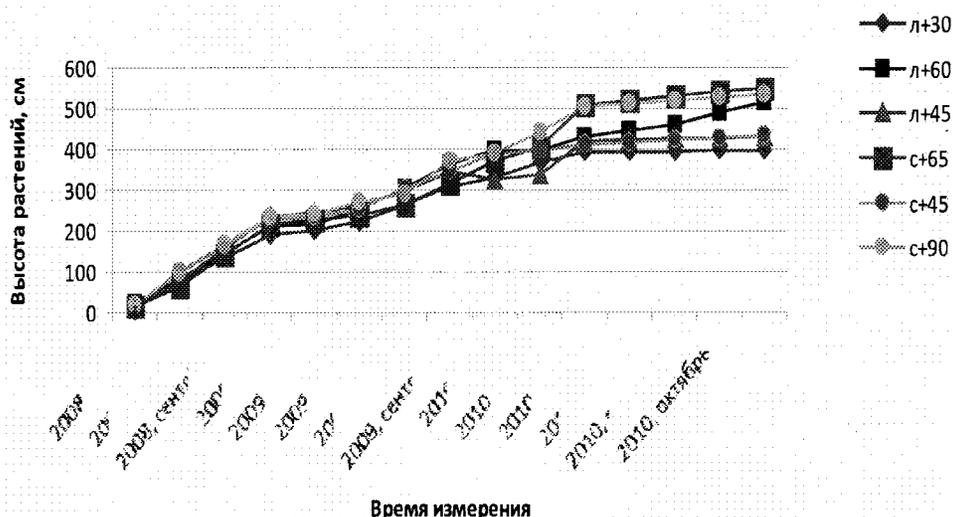


Рисунок 2 – Динамика изменения высоты растений ивы в 2008–2010 гг. при различных схемах посадки ( $HCP_{05} = 72,05$  на 10.10. 2010).

Результаты расчетов урожайности ивы в зависимости от густоты и схемы посадки на плантации третьего года представлены в табл. 1.

Таблица 1

Урожайность растений ивы после 3 лет выращивания на деградированных торфяниках по вариантам

Вариант	Урожайность при влажности, т/га (всего)		Урожайность при влажности, т/га (в расчете на год)	
	45%	10%	45%	10%
1. (С+90)	48,50	31,5	16,1	10,5
2. (С+60)	52,18	33,9	17,3	11,3
3. (С+45)	56,11	36,4	18,7	12,1
4. (Л+60)	46,30	30,1	15,4	10,0
5. (Л+45)	50,81	33,0	16,9	11,0
6 (Л+30)	54,86	35,6	18,2	11,8
$HCP_{05}$	5,42			

Достоверных различий по урожайности ивы между вариантами с одинаковой густотой и различными способами посадки не наблюдалось. В то же время рост урожайности растений при более высокой плотности посадки подтверждается статистически. С ростом густоты посадки растений от 15 до 21 тысячи на гектар, урожайность ивы увеличивается на 8% и до 31 тысячи – на 16%, при сплошном способе посадки и, соответственно, на 7% и 18% при ленточном способе посадки. Фактор зависимости продуктивности растений ивы от густоты посадки необходимо принимать во внимание при расчетах экономической эффективности.

В полевых экспериментах по оценке эффективности применения гербицидов по вегетирующим растениям ивы изучались препараты раундап и гезагард. Гербицид раундап рекомендуется для предпосадочной обработки на плантациях ивы, как в осенний, так и весенний период [12]. Выбор препарата гезагард основывался на том, что он может применяться по вегетирующим культурным растениям достаточно широкого спектра, в том числе для овощных и лекарственных растений. Обработка посадок ивы гербицидами раундап и гезагард проводилась при высоте растений ивы 15–20 см. Эффективность действия препарата раундап была отмечена через несколько дней после внесения. Однако наряду с угнетением сорняков наблюдалось негативное воздействие гербицида на растения ивы. Вследствие того, что данный гербицид не пригоден для защиты посадок ивы при внесении по вегетирующим растениям, дальнейшие исследования его эффективности не проводились.

Гербицид гезагард при дозах внесения 3 и 6 литров на гектар не оказывал видимого отрицательного воздействия на растения ивы, в то же время, подавлял сорные растения, произрастающие на контрольном участке: ромашка, горец, куколь, куриное просо. Результаты первого года показали, что внесение гербицидов положительно сказалось на таких параметрах как высота растений и количество стеблей (табл. 2).

Таблица 2

*Морфологические параметры растений ивы при различных методах контроля сорных растений*

Вариант	Параметры	
	Высота	Количество стеблей
Контроль (без обработки)	56,3	2,1
Ручная прополка	168,5	3,5
Гезагард – 3 л/га	136,4	3,8
Гезагард – 6 л/га	159,9	3,7
НСР <sub>05</sub>	22,5	0,32

На второй год вегетации гербициды на плантации ивы вносились после подрезки растений, ивы. Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

Таблица 3

*Морфологические параметры и продуктивность растений ивы второго года выращивания при различных методах контроля сорных растений*

Вариант	Параметры	
	Высота	Количество стеблей
Контроль (без обработки)	65,4	3,3
Ручная прополка	88,4	3,8
Гезагард – 3 л/га	87,0	3,6
Гезагард – 6 л/га	89,0	4,0
НСР <sub>05</sub>	5,1	0,32

По результатам двухгодичных исследований можно заключить, что внесение гербицидов положительно сказалось на высоте растений и количестве стеблей ивы. Более высокие показатели морфологических параметров способствовали росту продуктивности растений ивы (табл. 4).

Таблица 4

*Продуктивность растений ивы на плантациях первого и второго года выращивания при различных методах контроля сорных растений*

Вариант	Продуктивность растений ивы г/стебель	
	Первый год	Второй год
Контроль (без обработки)	132,7	194,5
Ручная прополка	189,5	251,0
Гезагард – 3 л/га	169,5	226,2
Гезагард – 6 л/га	181,0	239,2
НСР <sub>05</sub>	16,48	22,52

Рост продуктивности растений ивы при внесении гербицида гезагард в дозе 3 л/га составил от 16 (первый год вегетации) до 27 (второй год вегетации) процентов. При дозе внесения гербицида 6 л/га – соответственно 23–36%. Достоверных различий по продуктивности ивы между вариантами с различными дозами внесения гезагарда не выявлено.

Влияние сроков уборки на влажность древесины ивы изучали на Кричевском экспериментальном участке, в центральной агроклиматической зоне страны. Результаты исследований представлены в табл. 5.

Таблица 5

*Показатели влажности и высшей теплоты сгорания древесины ивы при различных сроках уборки*

Срок уборки	Показатели древесины			
	Влажность, %		Высшая теплота сгорания, МДж/кг	
	2010	2011	2010	2011
Октябрь	53,75±3,3	54,5±2,8	18 450,5±295,2	17 980,2±397,5
Ноябрь	48,25±2,2	48,5±3,6	18 670,3±314,2	18 433,6±456,7
Декабрь	43,0±2,1	45,25±2,5	18 640,2±432,3	18 510,2±432,8

В соответствии с экспериментальными данными, при сроках уборки ивы через два месяца после окончания вегетационного периода (декабрь) влажность древесины снижается на 19–25% по сравнению с уборкой в октябре месяце. Этот факт можно объяснить потерей древесиной ивы влаги в результате понижения температуры в ноябре–декабре и завершения активной вегетации растений. Сроки уборки достоверно не влияли на высшую теплоту сгорания древесины ивы, что свидетельствует о том, что химический состав сухого вещества не меняется. Тем не менее, снижение влажности на 20% позволяет повысить энергоэффективность сжигания древесины на 13% [1]

### **Заключение**

По результатам полевых исследований, выполненных на плантациях быстрорастущей ивы, не выявлено различий по продуктивности между вариантами с одинаковой густотой и различными способами посадки растений. Таким образом, целесообразность выбора той или иной схемы посадки плантации энергетической ивы определяется главным образом техническими условиями. Если для прохода уборочной техники необходима технологическая колея, ее размер должен соответствовать ширине междурядий. В таком случае более предпочтительным является ленточный способ посадки растений. С ростом густоты посадки растений от 15 до 31 тысячи растений ивы на гектар, урожайность культуры увеличивается, но при этом снижается продуктивность отдельных растений. Выбор густоты посадки плантаций должен обосновываться экономическими расчетами.

Эффективным приемом для контроля однолетних двудольных и злаковых сорняков на плантациях ивы при высокой плотности засорения посадок является внесение гербицида гезагард по вегетирующим растениям. Внесение препарата раундап наряду с эффективным подавлением сорняков привело к повреждению посадок растений.

Установлено, что влажность древесины ивы при уборке через месяц и два месяца после окончания вегетационного периода снижается соответственно на 8–12% и 19–25%. Сроки уборки достоверно не влияют на высшую теплоту сгорания древесины ивы, но с учетом ее влажности эффективность уборки в зимний период выше по сравнению с осенним периодом.

### **Список использованных источников**

1. Бутько, А. А. Оценка и моделирование энергетического потенциала биомассы ивы на примере клона SALIX VIMINALIS / А. А. Бутько, О. И. Родькин, Е. В. Иванова // Экологический вестник. – 2014. – №1(27). – С. 80–88.
2. Возобновляемые источники энергии / пер. с англ. [и предисл.] В. А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 58 с.
3. Использование древесной биомассы в энергетических целях: научный обзор / С. П. Кундас [и др.]. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 85 с.
4. Левицкий, И. И. Ива и ее использование / И. И. Левицкий // «Лесная промышленность», Москва 1965. – 100 с.
5. Равич, М. Б. Топливо и эффективность его использования / М. Б. Равич. – Наука, 1971. – 358 с.
6. Effects of controlled weed densities and soil types on soil nitrate accumulation, spruce growth, and weed growth / N. V. Thevathasan [et al.] // Forest Ecology & Management. – Vol. 133(1–2). – 2000. – P. 135–144.
7. Goor, F. Assessment of the potential of willow SRC plants for energy production in areas contaminated by radionuclide deposits: methodology and perspectives / F. Goor, V. Davydchuk, J. F. Ledent // Biomass & Bioenergy. – 2001. – Vol. 21(4). – P. 225–235. – 226
8. Growing short rotation coppice. Rural development programmer / DEFRA Publications Admail 6000, London, 2002. – 32 p.
9. Ledin S, Handbook on how to grow short rotation forestry. / S. Ledin, E. Willebrand // International Energy Agency, Tasks VIII and XII, Sweden, 1995. – 60 p.
10. Parfitt, R. Weed control for short rotation coppice for biomass. / R. I. Parfitt, Stott, K. G. // Aspects of Applied Biology, (1988). – 16 – P. 124–137.
11. Willow best practice guidelines. / B. Caslin [et al.] // Belfast, 2010 – 66 p.
12. Willow Biomass Producer's Handbook / L. P. Abrahamson [et al.]. – State University of New York. – 2002, – 32 p.
13. Willows for Biomass Heating. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sodui.lt/Willows-for-Biomass-Heating-707.html> – Дата доступа: 15.07.2014. – 360.

**THE SPECIFICATION OF AGRICULTURAL METHODS OF FAST GROWING  
WILLOW PRODUCTION FOR RENEWABLE BIOMASS**

*The article covers the results of field investigations on assessment of efficiency of agricultural methods of fast growing willow production on energy plantations. Foreign experience analyze shown that there are several actual problems for further research in this field. The results of our research fulfilled in Central and South zones of Belarus shown that there are not difference in the yield of willow wood between variants with the same density but difference scheme of planting. The yield of willow grows with increasing of density. It was also established that application herbicide "gezegard" is effective for willow plantation after planting. Energy efficiency may be increased on 13-15% if the terms of willow wood harvesting move to winter months to compare to autumn month.*